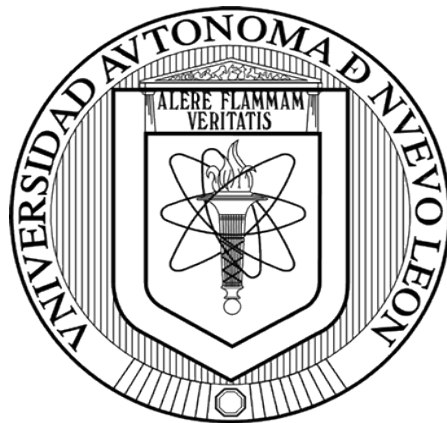


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE ORIGEN VEGETAL
SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOCIONALES Y ACTIVIDAD
BIOLÓGICA EN UN MODELO CÁRNICO**

POR

ING. JENNY ROSA ELVIRA RODRIGUEZ JIMENEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN ALIMENTOS**

AGOSTO, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO



**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE ORIGEN VEGETAL
SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y ACTIVIDAD
BIOLÓGICA EN UN MODELO CÁRNICO**

POR

ING. JENNY ROSA ELVIRA RODRIGUEZ JIMENEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACION EN ALIMENTOS**

AGOSTO, 2019

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE ORIGEN VEGETAL
SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y ACTIVIDAD
BIOLÓGICA EN UN MODELO CÁRNICO

Comité de Tesis

Dr. Carlos Abel Amaya Guerra
Presidente

Dr. Juan Gabriel Báez González
Secretario

Dr. Carlos Javier Aguilera González
Vocal

Dr. Jesús Montemayor Leal
Vocal

Dra. Adriana Núñez González
Vocal

Agosto de 2019

**EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE ORIGEN VEGETAL
SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOLÓGICAS Y ACTIVIDAD
BIOLÓGICA EN UN MODELO CÁRNICO**

POR

ING. JENNY ROSA ELVIRA RODRIGUEZ JIMENEZ

**PRESENTA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACIÓN EN ALIMENTOS**

DR. CARLOS ABEL AMAYA GUERRA
Director

Agosto 2019

AGRADECIMIENTOS

No hay fecha que no se cumpla, ni plazo que no se venza, proverbio español. Lo que empezó como un sueño hace seis años, hoy se ha convertido en una realidad. Al escribir esta investigación, esta es la página que escribo con toda seguridad y gran alegría.

Agradezco primeramente a Dios por nunca permitir que mi sonrisa se apague y darme fortaleza en todo momento.

A mi madre, Elvira Jimenez. Sin ti no lograría nada, eres mi bastón, mi modelo a seguir. Tus mensajes diarios son mi motor.

Al Doctor Amaya. Gracias por darme un sí, recibirme y ser mi mentor durante estos cinco años, gracias por compartir sus enseñanzas tanto en lo profesional como en lo intelectual. Agradeceré siempre la oportunidad de ser su alumna.

Agradezco a CONACYT y al CONIAF, el soporte económico brindado durante la realización de mi doctorado, ya que sin él, la realización de este sueño no hubiera sido posible.

A todos mis asesores Dr. Carlos Aguilera, Dra. Adriana Núñez, Dr. Juan Báez y Dr. Carlos Montemayor, por sus enseñanzas durante mis estudios.

A mis hermanos Cesar, Alan y Aneury. Juntos somos más fuertes, gracias por ser mis rocas.

A mi hermana, Johanny, mi segunda mamá, gracias por confiar en mí y siempre apoyarme aunque no estés en total acuerdo conmigo.

A mis sobrinos Uriel, Liz Elena, Dylan, Sebastián, Lía Esther y los que sé que formarán parte de nuestra familia. Son mi alegría y mi escape.

A Susy, gracias por recibirme y compartir tu familia. Siempre en cualquier momento o circunstancia.

A Cynthia, Diana Alejandra, Verónica y Edith. La vida es mejor cuando se comparte con amigos, gracias por siempre estar presente.

A todas las personas conocidas en el transcurso de este viaje, gracias por su amistad, consejos, por las horas de alegría que me brindaron, por las enseñanzas de la cultura Mexicana, sin ustedes esta experiencia no hubiese sido igual.

DEDICATORIA

A mi madre Elvira Jimenez, a temprana edad me enseñaste a dar lo mejor de mi. Dedicaste horas y horas para que aprendiera a escribir, sin tu dedicación no hubiese logrado el grado de Doctor en Ciencias.

Gracias mami.

ÁREA DE TRABAJO

El proyecto de investigación se realizó en el laboratorio de Tecnología de Alimentos del departamento de Alimento de la Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Nuevo León. Pedro de Alba S/N, Ciudad Universitaria, 66450 San Nicolás de Los Garza, N.L., México. Se realizó una estancia académica en Departamento de Tecnología de la Alimentación en la Universidad ISA, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. OBJETIVO.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos específicos	5
V. CAPITULO 1.....	7
5.1 OBJETIVOS	7
5.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
5.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
5.2 ANTECEDENTES.....	8
5.2.1 Generalidades del Alimentos Funcionales.....	8
5.2.1.2 Generalidades de las fibras y los antioxidantes como alimentos funcionales.....	8
5.2.2 Generalidades de los alimentos ricos en fibra o antioxidantes utilizados en este estudio.....	9
5.2.2.1 Alcachofa (<i>Cynara scolymus L.</i>).....	9
5.2.2.2 Amaranto	10
5.2.2.3 Quinoa	10
5.2.2.4 Berenjena	11
5.2.3 Generalidades de los métodos de conservación de vegetales	11
5.2.3.1 Deshidración.....	12
5.2.3.1.1 Harinas.....	12
5.3 MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
5.3.1 Materia prima (Alimentos funcionales).....	13
5.3.2 Elaboración de las harinas	13
5.3.3 Determinación de las propiedades funcionales.....	14
5.3.4 Determinación de la composición proximal	17
5.3.5 Determinación de color.....	17
5.3.6 Compuestos fenolicos y actividad antioxidante.....	17
5.3.6.1 Preparación de los extractos de las harinas	17
5.3.6.2 Contenido de fenoles totales (CFT).....	17
5.3.6.3 Contenido de flavonoides (CF).....	18
5.3.6.4 Contenido de catequinas equivalentes (CCE).....	18
5.3.6.5 Determinación de la capacidad antioxidante	18
5.3.6.5.1 Método DPPH.....	18
5.3.6.5.2 Método ABTS.....	19
5.3.6.5.3 Método FRAP.....	19
5.3.6.5.4 Método ORAC.....	20
5.3.7 Análisis estadístico	20
5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
5.4.1 Estandarización del método de elaboración de las harinas	22
5.4.1.1 Harina de berenjena	22
5.4.1.2 Harina de quinoa (HQ), harina de amaranto (HAM) y harina de alcachofa (HA)	24
5.4.2 Propiedades tecnofuncionales.....	25
5.4.3 Análisis de bromatológico de la harina de berenjena (HB) y la harina de quinoa (HQ).....	28

5.4.4 Contenido de fenoles totales (FT) y capacidad antioxidante de las harinas de Quinoa y berenjena.....	31
5.4.5 Caracterización de las harinas berenjena	32
5.4.5.1 Rendimientos de las harinas	32
5.4.5.2 Contenido de fibra dietética	33
5.4.5.3 Propiedades tecnofuncionales	34
5.4.5.4 Parámetros cromáticos de las harinas	37
5.4.5.5 Capacidad antioxidante.....	37
5.4.5.6 Contenido de fenoles totales (CFT).....	39
5.4.5.7 Contenido total de flavonoides (CF).....	40
5.5 CONCLUSIONES	41
VI. CAPITULO 2.....	42
6.1 OBJETIVOS	42
6.1.1 Objetivos General	42
6.1.2 Objetivos Especificos	42
6.2 ANTECEDENTES.....	43
6.2.1 Generalidades de la carne	43
6.2.2 Generalidades de la productos cárnicos.	43
6.2.3 Los productos cárnicos y las enfermedades cardiovasculares	44
6.2.4 Productos cárnicos como alimentos funcionales	45
6.3 MATERIAL Y MÉTODO	46
6.3.1 Diseño y/o formulación	46
6.3.2 Proceso de elaboración del producto cárnico (Salchicha Tipo Frankfurt).	47
6.3.2.1 Proceso de elaboración (Mendoza, 2004).....	47
6.3.3 Evaluación sensorial.....	48
6.3.4 Determinación de la composición proximal y capacidad antioxidante.....	48
6.3.5 Extracción de compuestos antioxidante.....	48
6.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
6.4.1 Formulación y proceso de elaboración	49
6.4.2 Actividad de agua (aw) y pH de las salchichas.....	51
6.4.3 Parámetro cromáticos	52
6.4.4 Evaluación sensorial.....	55
6.4.5 Prueba de retención de humedad de las salchichas- Prueba de Fosfatos	58
6.5 CONCLUSIONES	67
VII. CAPITULO 3.....	68
7.1 OBJETIVOS	68
7.1.1 Objetivos General	68
7.1.2 Objetivos Especificos	68
7.2 ANTECEDENTES.....	69
7.2.1 Enfermedades cardiovasculares	69
7.2.1.1 Dislipidemias	70
7.2.1.2 Las enfermedades cardiovasculares y su relación con la ingesta de embutidos.....	70
7.2.2 Los embutidos cárnicos como alimentos funcionales.....	71
7.3 MATERIAL Y MÉTODO	73
7.3.1 Modelo Cárnico	73
7.3.2 Elaboración de las dietas.....	73
7.3.3 Composición bromatológica de las dietas	73
7.3.4 Bioensayo con ratas	75
7.3.5 Parámetros medibles.....	75

7.3.6. Análisis Sanguíneos.....	76
7.3.7 Determinación de biomarcadores de estrés oxidativo en plasma	76
7.3.5.6 Histología.....	78
7.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
7.4.1 Análisis del modelo cárnico.....	79
7.4.1.1 Composición proximal.....	79
7.4.1.2 Atributos físicos.....	80
7.4.1.3 Capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides.....	81
7.4.2 Bioensayo	81
7.4.2.1 Composición proximal de las Dietas	81
<i>Tabla 25. Composición proximal de las Dietas.....</i>	82
7.4.2.2 Estudio de crecimiento y Tránsito intestinal.....	82
7.4.2.3 Digestibilidad de Nitrógeno Aparente (DNap)	84
7.4.2.4 Análisis sanguíneos	87
7.4.2.4.1 Niveles de glucosa en sangre de las ratas	87
7.4.2.4.2 Niveles de triglicéridos en sangre de las ratas	87
7.4.2.5 Perfil lipídico en plasma sanguíneo de las ratas.....	91
7.4.2.5.1 Niveles Triglicéridos en plasma.....	91
7.4.2.5.2 Niveles de colesterol plasma sanguíneo de las ratas.....	91
7.4.2.6 Marcadores del estrés oxidativo.....	97
7.4.2.7 Capacidad antioxidantes en plasma sanguíneo	99
7.4.2.7 Marcador biológico de daño hepático o alteración renal	101
7.5 CONCLUSIONES	106
VIII. CONCLUSIÓN GENERAL.....	107
IX. PERSPECTIVAS	108
X. BIBLIOGRAFÍA.....	109
XI. ANEXOS.....	129
Anexo 1. Carta de comité de ética	129
Anexo 2. Publicación Científica	130
Anexo 3. Resumen biográfico	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Pag.
Tabla 1. Especificaciones del procesado de las harinas.	16
Tabla 2. Propiedades cromáticas (L^* , a^* , b^* , C^* , h^*) de harinas de berenjena.	25
Tabla 3. Parámetros cromáticos de las harinas de quínoa, harina de alcachofa y harina de amaranto.	25
Tabla 4. Propiedades funcionales de las harinas de berenjena.	29
Tabla 5. Propiedades funcionales de la harina de berenjena, harina de quínoa, harina de alcachofa, harina de amaranto y harina de trigo.	29
Tabla 6. Análisis bromatológico harina de berenjena y harina de quínoa.	31
Tabla 7. Contenido de Fenoles totales y capacidad antioxidante de las harinas de berenjena y quínoa.	31
Tabla 8. Rendimiento de las fracciones de la berenjena y del procesamiento de las harinas.	33
Tabla 9. Fibra dietética insoluble, fibra dietética soluble y contenido total de fibra dietética de las harinas.	33
Tabla 10. Parámetros cromáticos de las harinas Cás, PI, PE y HB.	38
Tabla 11. Capacidad antioxidante (métodos ABTS, DPPH y ORAC).	38
Tabla 12. Contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides	40
Tabla 13. Formulación base de Salchicha tipo Frankfurt	46
Tabla 14. Tratamientos de las salchichas tipo Frankfurt.	46
Tabla 15. Porcentaje de rendimiento y merma de cocción de las salchichas.	50
Tabla 16. Actividad de agua (A_w) y pH de las salchichas.	51
Tabla 17. Parámetros cromáticos de las formulaciones de salchicha tipo Frankfurt.	54
Tabla 18. Parámetros cromáticos de las pasta cárnica y salchichas con o sin Fosfatos.	64
Tabla 19. Formulación base del modelo cárnico (Salchicha tipo Frankfurt).	73
Tabla 20. Tratamientos y dietas del bioensayo	74
Tabla 21. Contenido de Dieta AIN-76.	74
Tabla 22. Composición bromatológica del modelo cárnico (salchichas tipo Frankfurt).	79
Tabla 23. Parámetros cromáticos y físico de las salchichas.	80
Tabla 24. Capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides.	81
Tabla 25. Composición proximal de las Dietas	82
Tabla 26. Crecimiento de los roedores por alimento consumido.	82
Tabla 27. Tránsito intestinal y consumo de fibra de los roedores	83
Tabla 28. Porcentajes de lipoproteínas respecto al colesterol total en plasma sanguíneo.	94

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de aceite (CRA) de las harinas.	36
Gráfica 2. Capacidad de retención de emulsión (CE) de las harinas.	36
Gráfica 3. Porcentaje de inhibición de las harinas.	39
Gráfica 4. Características sensoriales y aceptabilidad general de las formulaciones de Salchichas con HB.	55
Gráfica 5. Características sensoriales y aceptabilidad general de las formulaciones de Salchichas con HQ.	56
Gráfica 6. Características sensoriales y aceptabilidad general de las formulaciones de Salchichas con HBQ.	57
Gráfica 7. pH de la matriz cárnica con o sin adición de fosfatos.	59
Gráfica 8. Contenido de humedad de la pasta cárnica con o sin adición de fosfatos.	60
Gráfica 9. Contenido de humedad de la salchicha con o sin adición de fosfatos en el día 0.	60
Gráfica 10. Contenido de humedad de la salchicha con o sin adición de fosfatos en el día 5.	61
Gráfica 11. Porcentaje de pérdida o ganancia de humedad durante el almacenamiento de las salchichas (%).	62
Gráfica 12. Capacidad antioxidante de las salchichas por ABTS y DPPH.	65
Gráfica 13: Digestibilidad aparente aparente de proteína por semanas.	86
Gráfica 14: Niveles de glucosa en sangre.	89
Gráfica 15: Niveles de triglicéridos en sangre.	90
Gráfica 16: Niveles de triglicéridos y colesterol en plasma sanguíneo (semana 2 y semana 6).	95
Gráfica 17: Niveles de c-HDL, c-LDL y VLDL en plasma sanguíneo (semana 2 y semana 6).	96
Gráfica 18: Concentración de glutatión-S-transferasa (GST) en plasma.	98
Gráfica 19: Concentración de superóxido dismutasa (SOD) en plasma.	98
Gráfica 20: Capacidad antioxidante no enzimática en plasma (ORAC).	100
Gráfica 21: Concentración de fosfatasa alcalina (ALP) en plasma.	101

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Apreciación visual de las salchichas.	63
Imagen 2: Vista hígado de las ratas machos Wistar.	102
Imagen 3: Vista hígado de las ratas machos Wistar con la Dieta Control (DC)	103
Imagen 4: Vista hígado de las ratas machos Wistar con la Dieta Salchicha Control (DSC)	104
Imagen 5: Vista hígado de las ratas machos Wistar con la Dieta Harina de Berenjena (DHB)	104
Imagen 6: Vista hígado de las ratas machos Wistar Dieta Salchicha con Harina de Berenjena (DSHB).	105

RESUMEN

Los productos cárnicos son asociados con frecuencia a una imagen negativa por un sector de la población, siendo percibidos como alimentos que provocan un detrimento a la salud, hoy en día, la industria cárnica ha centrado su atención en el desarrollo de ingredientes o aditivos que provean características nutricionales y que ayuden a la prevención de las enfermedades relacionadas con el estilo de vida. El objetivo de esta investigación, fue desarrollar un modelo cárnico formulado con la incorporación de harinas de origen vegetal para evaluación de sus propiedades tecnofuncionales y actividad biológica. Acorde a esto, se desarrolló una harina con alto contenido de fibra dietética y antioxidante apartir de harina de berenjena, se caracterizaron sus propiedades tenofuncionales, bromatológicas y crómicas, y se determinó su contenido de fenoles totales y capacidad anioxidante. Se diseño un modelo cárnico con la incormporacion de la harina de berenjena como extensor cárnico, se realizó la evaluación sensorial, el analisis de la composición bromatológica y capacidad antioxidante, se evaluó la capacidad de retención de agua de la harina en el producto final. Por último, se evaluó el efecto biológico del modelo cárnico y de la harina sobre el crecimiento, mecanismo de tránsito intestinal, digestibilidad aparente de nitrógeno, los niveles del perfil lípidico sanguíneos y plasmáticos y, glucosa sanguínea en ratas Wistar, así como la actividad de las enzimas masticadoras de estrés oxidativo y de daño hepático. Los resultados de esta investigación sugieren que el consumo de berenjena, ya se incluída en una formulación cárnica o como harina, produce un efecto positivo en los niveles de colesterol y triglicéridos sanguíneo, así mismo, no se vieron indicio de daño hepático por su consumo.

ABSTRACT

Meat products are often associated with a negative image by a sector of the population, being perceived as food that causes a detriment to health, nowadays, the meat industry has focused its attention on the development of ingredients or additives that provide Nutritional characteristics that help prevent diseases related to lifestyle. The objective of this research was developed a meat model formulated with the transformation of flours of vegetable origin for the evaluation of its technological properties and biological activity. According to this, verify a flour with a high content of dietary fiber and antioxidant from eggplant flour, mark its tenofunctional, bromatological and chronic properties, and determine its total phenolic content and antioxidant capacity. A meat model is designed with the incorporation of eggplant flour as a meat extender, sensory evaluation, analysis of the bromatological composition and antioxidant capacity is performed, the water retention capacity of the flour in the final product is evaluated. Finally, the biological effect of the meat and flour model on growth, the intestinal transit mechanism, the apparent nitrogen digestibility, blood lipid and plasma profile levels and blood glucose in Wistar rats, as well as the activity of oxidative stress and liver damage chewing enzymes. The results of this research identify the consumption of eggplant, whether they are included in a meat formulation or as flour, they have a positive effect on the levels of cholesterol and blood triglycerides, likewise, there is no indication of liver damage due to their consumption.

I. INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos son una mezcla de carne que puede ser sometida a ahumado, curación, cocción y otros procesos para alargar su vida anaquel; hoy en día la industria cárnica representa un papel importante en sector alimentario. La carne y derivados, son una fuente importante de proteínas y nutrientes esenciales como hierro, zinc y vitaminas B12 (González, 2014), sin embargo, son percibidos como alimentos que provocan un detrimento a la salud, relacionando su consumo con la aparición de enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, sobrepeso y obesidad (Biesalski, 2004; Arihara, 2006; Toldra y Reig, 2011). En los últimos años, la industria cárnica ha centrado su atención en el desarrollo de nuevos productos con propiedades que no solo brinden los nutrientes necesarios para la alimentación humana, sino que también ayuden a prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición. En este sentido, se ha estudiado el efecto del consumo de antioxidante y fibra dietética, encontrando una correlación significativa en la prevención de estas enfermedades (Gresele *et al.*, 2011). Los antioxidantes, en la industria cárnica, son muy utilizados para prevenir la oxidación de las grasa de la matriz, sin embargo en su mayoría son de origen sintético (Botterweck *et al.*, 2000), lo que abre un nicho para su reemplazo con antioxidantes de origen natural. Otro aspecto a considerar es el uso de fibras dietéticas en productos cárnicos que mejora la capacidad de retención de agua y la textura de los embutidos, sumado a esto mejora la capacidad oxidativa cuando se asocia a compuestos fenólicos.

Un considerable número de investigadores ha referido que la berenjena es un vegetal rico en fibra dietética y compuestos fenólicos, recomendando su consumo para reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares. En México, el cultivo de berenjena en su mayoría es exportado a Estados Unidos, no obstante, los productos que no cumplan con los requerimientos de exportación no se consumen en su totalidad debido a la falta de información sobre su preparación y características (Atlas Agroalimentario 2017), sumado a esto, la berenjena tiene un patrón de respiración no climatérico lo que conduce a una vida útil corta, a pesar de ser cosechada en etapas inmaduras de desarrollo (Muy-Rangel *et al.*, 2002). Es bien conocido en la industria alimentaria la utilización de

procesos como la deshidratación en la elaboración de harinas de alto valor nutricional, permitiendo el aprovechamiento de los compuestos activos en los vegetales.

Actualmente uno de los retos más significativos en el campo de la industria cárnica es la utilización de extensores cárnicos que provean un plus nutricional a la matriz cárnica sin alterar las propiedades y características propias de la misma. Acorde a esto, esta investigación se desarrolló una harina con alto contenido de fibra dietética y antioxidante para ser aplicada en un modelo cárnico y evaluar su efecto biológico en animales de laboratorio. Este trabajo se organizó en tres capítulos; en el primero, se elaboraron cuatro harinas de origen vegetal (amaranto, alcachofa, quinua y berenjena), fueron evaluadas sus características cromáticas y sus propiedades tecnofuncionales, luego se caracterizaron las propiedades bromatológicas y se determinó el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de las harinas que presentaron buenas propiedades tecnofuncionales (harina de berenjena y harina de quinua). Como parte complementaria se procedió a la caracterización de la berenjena en sus partes cáscara, pulpa interna y pulpa externa, se elaboraron harinas y posteriormente fueron evaluadas sus propiedades cromáticas, bromatológicas y se determinó su capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos. En el segundo capítulo, se utilizaron la harina de berenjena (HB) y la harina de quinua (HQ) como extensor cárnico en diferentes niveles de adición (0 %, 2 %, 3 %, 5 % y 9 %) y fueron evaluadas sus características sensoriales. A partir de estos resultados fueron seleccionados aquellos tratamientos con mayor aceptación por parte de los panelistas para evaluar su contenido fenólico y composición bromatológica. Se evaluó la capacidad de retención de agua de las harinas en las salchichas y se determinaron su composición proximal y capacidad antioxidante. Con los resultados obtenidos anteriormente se establecieron las condiciones de proceso y el uso de la harina de berenjena para desarrollar un modelo cárnico (salchicha tipo frankfurt) y evaluar su efecto biológico en animales de laboratorio, se evaluó el efecto del consumo de las salchichas con HB en el crecimiento de las ratas, el mecanismo de tránsito intestinal, así como la digestibilidad aparente de nitrógeno. Fueron monitoreados los niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa sanguíneos, y en plasma. Por último, se evaluó el efecto del consumo del producto cárnico y de la harina en las enzimas marcadoras de estrés oxidativo y de daño hepático..

II. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la causa número uno de muertes a nivel mundial, en México el 20 % de adultos fallecen debido a estas dislipidemias, se estima que para el año 2030 aumenten la mortalidad a 22.2 millones. En este sentido, el control de los factores de riesgo de enfermedad cardiovascular es la principal estrategia para disminuir la morbi-mortalidad por esta causa.

Por otro lado, México es el 6to país con mayor consumo de productos cárnicos (con un consumo en carnes frías 974 mil toneladas), recientes estudios han demostrado que existe una relación entre el consumo de productos cárnicos y la aparición de ECV, ciertos tipos de cáncer, sobrepeso y obesidad.

En vista de esto y en respuesta al llamado de la OMS para disminuir las incidencias de las ECV, se propone la inclusión de harinas de origen vegetal ricas en fibras y antioxidantes en un modelo cárnico, como propuesta de un alimento funcional que no altere los niveles de colesterol y triglicéridos sanguíneos al ser ingerido.

III. HIPÓTESIS

La incorporación de harinas de origen vegetal a un modelo cárnico mejora sus propiedades tecnofuncionales y actividad biológica.

IV. OBJETIVO

Objetivo General

Desarrollar un modelo cárnico formulado con la incorporación de harinas de origen vegetal para evaluación de sus propiedades tecnofuncionales y actividad biológica.

Objetivos específicos

1er capítulo: Elaborar y caracterizar una harina funcional a partir de alimentos ricos en fibra y antioxidantes con buen desempeño en las propiedades tecnofuncionales.

1. Obtener una harina rica en compuestos antioxidantes y fibras.
2. Evaluar el desempeño de las harinas (Alcachofa, Amaranto, Quínoa y Berenjena) en las propiedades tecnofuncionales.
3. Determinar las propiedades bromatológicas, contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de las harinas con buen desempeño en las propiedades tecnofuncionales.
4. Obtener harinas de las fracciones de berenjena (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).
5. Determinar el contenido de fibra dietética de la berenjena y sus fracciones (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).
6. Determinar las propiedades tecnofuncionales y cromáticas de la berenjena en sus fracciones (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).
7. Determinar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la berenjena en sus fracciones (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).

2do capítulo: Diseñar, elaborar y evaluar de un modelo cárnico (Salchicha Tipo Frankfurt) con la adición de harina quinúa y harina de berenjena.

1. Diseñar y elaborar una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena
2. Evaluar mediante análisis sensoriales las Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena

3. Determinar los parámetros químicos y cromáticos de una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena
4. Evaluar el efecto de las harinas de quinua y harina de berenjena sobre la capacidad de retención de humedad en el modelo cárnico
5. Determinar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena

3ro capítulo: Comprobar las propiedades nutricionales del modelo cárnico y de la harina rica en fibras y antioxidantes mediante la evaluación biológica en un ensayo *in vivo*

6. Determinar el efecto de la harina y del modelo cárnico en los niveles de colesterol y triglicéridos mediante ensayo *in vivo*
7. Determinar las propiedades nutricionales de los animales alimentados con harina y el modelo cárnico ricos en fibras y antioxidantes mediante ensayo *in vivo*
8. Evaluar el efecto de la alimentación con harina y un producto cárnico en ratas winstar sobre los biomarcadores

V. CAPITULO 1

Elaboración y evaluación de una harina funcional a partir de alimentos (ricos en fibra y antioxidantes) con buen desempeño en las propiedades tecnofuncionales.

5.1 OBJETIVOS

5.1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar y caracterizar una harina funcional a partir de alimentos ricos en fibra y antioxidantes con buen desempeño en las propiedades tecnofuncionales.

5.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener una harina rica en compuestos antioxidantes y fibras.
2. Evaluar el desempeño de las harinas (Alcachofa, Amaranto, Quínoa y Berenjena) en las propiedades tecnofuncionales.
3. Determinar las propiedades bromatológicas, contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de las harinas con buen desempeño en las propiedades tecnofuncionales.
4. Obtener harinas de las fracciones de berenjena (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).
5. Determinar el contenido de fibra dietética de la berenjena y sus fracciones (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).
6. Determinar las propiedades tecnofuncionales y cromáticas de la berenjena en sus fracciones (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).
7. Determinar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de la berenjena en sus fracciones (Cáscara, Pulpa interna y Pulpa externa).

5.2 ANTECEDENTES

5.2.1 Generalidades del Alimentos Funcionales

En los años 80, surge en Japón la terminología de FOSHU “Food with Specific Health Uses” para aquellos alimentos que se caracterizan por tener un efecto benéfico específico en la salud de los consumidores debido a sus componentes (prebióticos, probióticos, antioxidantes, ácidos grasos omega-3, ácido fólico, fitoesteroles, fitoestrógenos, entre otros) o porque se ha cambiado su composición removiendo los compuestos que pueden tener un efecto negativo en la salud (componentes alergenos, irritantes, hipercalóricos, entre otros) (Yamada, K. *et al.*, 2008; Valenzuela A. *et al.*, 2014). La sociedad americana de la dieta (2009), define a los alimentos funcionales como aquellos “alimentos modificados o que contienen ingredientes que demuestren acciones que incrementan el bienestar del individuo o que disminuyen los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los ingredientes que contienen”. Otra definición que engloba varios aspectos es la proporcionada por el Centro de Información Internacional de Alimentos (IFIC) de la Unión Europea, describen a los alimentos funcionales como “aquellos productos a los cuales intencionalmente y en forma controlada se les adiciona un compuesto específico para incrementar sus propiedades saludables” y define como alimentos saludables a “aquellos que en su estado natural, o con mínimo procesamiento, tienen compuestos con propiedades beneficiosas para la salud” (Konrad Biesalski *et al.*, 2011). Actualmente podemos distinguir como alimento funcional: las proteínas, los lípidos, los prebióticos (prebióticos y sin bióticos) y sustancias de origen natural con efectos funcionales (calcio, fibra, jalea real, compuestos antioxidantes, entre otros) (Olagnero *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2018).

5.2.1.2 Generalidades de las fibras y los antioxidantes como alimentos funcionales.

La Fibra Dietética son polímeros de carbohidratos con diez o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas en el intestino delgado humano y que pertenecen a las categorías, polímeros de carbohidratos (comestibles de forma natural en los alimentos que se consumen), hidratos de carbono (que se han

obtenido a partir de materias primas por medios físicos, enzimáticos o químicos y que han demostrado tener un efecto fisiológico beneficioso para la salud), polímeros de carbohidratos sintéticos (cuyo efecto en el organismo humano también es positivo) (FAO/WHO, 2008).

En cuanto a los antioxidantes, son definidos como sustancias químicas que pueden impedir o retrasar la oxidación de diversos compuestos principalmente de los ácidos grasos cuyas reacciones se producen tanto en los alimentos como en el organismo humano, en el cual puede provocar alteraciones fisiológicas importantes desencadenantes de diversas enfermedades (Zamora, 2007).

A igual que la fibra dietética, los antioxidantes juegan su papel importante en la salud humana y este han sido relacionado con la mejora del funcionamiento del sistema inmunológico, de enfermedades como lo son enfermedades cardiovasculares, cáncer, obesidad, diabetes, entre otras (Olagnero et al., 2007; Dueñas, 2009). En consecuencia, los consumidores buscan alimentos que contenga una cantidad representativa de fibras y antioxidantes.

5.2.2 Generalidades de los alimentos ricos en fibra o antioxidantes utilizados en este estudio.

5.2.2.1 Alcachofa (*Cynara scolymus* L.)

Es una planta dicotiledónea, pertenece a la familia Asteraceae. Entre los principios activos de la alcachofa se encuentran algunos ácidos fenólicos (como el ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido cafeilquínico y el ácido dicafeilquínico) y flavonoides derivados de la luteolina (Dueñas, 2009). La composición bromatológica de la alcachofa fresca es de 84.94 % de humedad, 1.13 % ceniza, 3.27 % proteína, 0.15 % lípidos totales, 5.4 % fibras y 5.11 % carbohidratos totales (USDA, Food Composition Databases). Los residuos de la alcachofa comprenden hasta un 70 %, debido a que solo se consume el corazón de la alcachofa. En la figura 1, se muestran las partes de las alcachofas, las brácteas, corazón de la alcachofa, el fondo es la base carnosa y el tallo (García Zapata, 2008), aquí podemos notar gráficamente la porción que es consumida y la porción que genera desperdicio de la hortaliza.

- Leyenda:*
1. Brácteas
 2. Corazón
 3. Fondo
 4. Tallo



Figura 1. Partes de la alcachofa. Fuente: MINAG- INIA.

5.2.2.2 Amaranto

Es una planta de origen andino, de la familia amarantáceas, la planta es de color rojo a morado y produce semillas de color negro. El grano de amaranto presenta un alto valor nutritivo con un 13.56 % proteína, 7.2 % lípidos totales, 6.7 % fibras y 52.56 % carbohidratos totales (USDA, Food Composition Databases). El grano reventado se consume de diferentes formas, ya sea de manera directa, en cereales o en granola. A partir del grano crudo, tostado o precocido, se puede obtener harina. Las harinas de amaranto pueden ser utilizadas en la elaboración de pasteles, panes, tamales, humitas, tortillas, bebidas refrescantes y alcohólicas (chicha en la zona andina). En panificación, se puede utilizar hasta un 15 % de sustitución de la harina de trigo, de esta forma se obtienen panes con mayor valor nutritivo (mayor contenido de grasa, de fibra y de minerales (Criollo y Fajardo, 2010).

5.2.2.3 Quinoa

La quinoa (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo consumido en las tierras andinas y algunos países tropicales. Es muy conocida por su contenido de proteína y su composición de aminoácidos (Oshodi *et al.*, 1999), la base de datos del USDA (Food

Composition Databases) se reporta un contenido proteico de 14.12 %, 6.01 % de lípidos totales, 7.0 % fibras de y 56.45 % de carbohidratos totales. Además de los compuestos como fibra dieta y proteína, la quinoa tiene compuestos fenolicos y una buena capacidad antioxidante (Carrasco y Serna, 2011). La quinoa posee un sabor amargo gracias a su contenido de compuestos como las saponinas y glucósidos triterpenoides que se encuentra en la capa externa de la semilla (Ogungbenle, 2003); Carrasco y Serna, 2011), estas pueden ser removidas facilmente a traves un lavado de las semillas con agua fría.

5.2.2.4 Berenjena

La berenjena es un cultivo de importancia economica en zonas tropicales y subtropicales del mundo (Uthumporn, U *et al.*, 2016). Es una hortaliza con frutos de diferentes colores, tamaños y formas (Nino-Medina *et al.*, 2017). En los ultimos años la berenjena ha adquirido un gran valor por su composición fitoquímicas consideradas como nutraceuticas (Lo Scalzo *et al.*, 2016), en particular, polifenoles y fibra dietética (Uthumporn, U *et al.*, 2016). Se ha reportado un porcentaje de fibra dietetica de 3 %, un 0.98 % de proteína y 0.18% de lipidos totales en berenjena fresca (con una humedad de un 92.3 %). En México, la producción de berenjenas fue de 172,112 toneladas en 2016, en su mayoría se exporta principalmente a los Estados Unidos ya que esta verdura no se consume comúnmente en el país debido a la falta de información sobre su preparación (Atlas Agroalimentario, 2017). La berenjena tiene un patrón de respiración no climatérico, lo que conduce a una vida útil corta a pesar de ser recolectada en etapa inmaduras de desarrollo (Muy-Rangel *et al.*, 2002), esto conlleva a la generación de un desperdicio y el desaprovechamiento de sus beneficios.

5.2.3 Generalidades de los métodos de conservacion de vegetales

Desde el momento en que los alimentos son cosechados una serie de reacciones tienen lugar dando pie a la descomposición de los alimentos, esta puede ser lenta (como es el caso de las semillas o nueces) y tan rapida que el alimento puede ser inservible en unas pocas horas. Para aprovechar los alimentos en un buen estado existen diferentes metodos de conservación.

Los metodos de conservación se clasifican en:

1. Conservación por frío, comprende metodos como refrigeración, congelación y ultracongelación.
2. Conservación por calor, se encuentran metodos como el escaldado, pasteurizado, ultrapasteurización y esterilizado.
3. Métodos químicos, se encuentra el metodo de salazón, ahumado, acidificación, escabechado y el metodo con adición de azúcar
4. Otros métodos de conservación de alimentos: deshidratación, liofilización, irradiación y envasado al vacío.

5.2.3.1 Deshidración

Se define como un método de conservación de alimentos que consiste en reducir su contenido de agua hasta un límite que puede fluctuar entre 3 a 20%. El proceso se efectúa principalmente por evaporación, aunque también puede lograrse por sublimación, expresión, ósmosis o centrifugación (Badui, 1998). Es uno de los métodos más antiguos de conservación debido a que combina los beneficios de la estabilidad microbiológica y fisicoquímica con el fácil manejo, ya sea para su almacenar o su transporte. La norma Oficial Mexicana (NOM-044-FITO-1995), define como producto deshidratado a los productos de origen vegetal a los cuales se les ha eliminado de manera progresiva el agua de constitución de sus tejidos.

La deshidratación puede ser catalogada como un método con un alto potencia para producir estructuras alimentarias únicas apartir de un material fresco (Aguilera y Chiralt, 2003). En la industria alimentaria la deshidratación es aplicada en productos lacteos (leche en polvo), productos vegetales, legumbres y cereales (Lee y Morr, 1994; Heredia *et al.*, 2007; Sharma y Prasad, 2001).

5.2.3.1.1 Harinas

Según la Norma de Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, se define como harina al producto resultante de la molienda, después de su secado. En la industria las harinas son utilizadas para la elaboración de productos de panificación y como extensores de otras materias primas (como lo es la carne), su uso dependerá de la composición proteica y su capacidades en las propiedades tecnofuncionales (Luis G. Elías, 1996). Las harinas

tienen un alto impacto en la industria alimentaria debido a la versatilidad de su uso, haciendo de esta un ingrediente que según sus propiedades puede usarse de diferentes maneras.

5.3 MATERIAL Y MÉTODOS

5.3.1 Materia prima (Alimentos funcionales)

Para el desarrollo de esta investigación se empleó:

1. Quinoa (grano blanco) se adquirió en el mercado de abasto estrella en San Nicolas.
2. Amaranto (grano blanco inflado) fue adquirido en el mercado de abasto estrella en San Nicolas.
3. Alcachofa (flor) donados por un agricultor del estado de Coahuila.
4. Berenjena (tipo americano) se compraron en un mercado local en la ciudad de San Nicolas (Nuevo León, México) a un proveedor de origen del estado de Sinaloa.

Cabe mencionar que las berenjenas y las alcachofas utilizadas fueron aquellas que no cumplen con los estándares de comercialización doméstica o de exportación.

5.3.2 Elaboración de las harinas

En la primera etapa del proyecto se elaboraron harinas a partir de cereales como amaranto y quínoa, y de vegetales como lo es la berenjena y la flor de alcachofa. La elaboración de las harinas, en general, consta de 5 pasos: cortado, secado, molienda, envasado y almacenado. En el proceso de elaboración de las harinas de amaranto y quínoa se omite el paso de cortado debido a que estas fueron secadas en su forma original. En la Tabla 1 se describen los parámetros de cortado y secado de las harinas.

Con el objetivo de mantener el contenido de compuestos fenólicos, los rangos de temperatura de secado se determinaron según los procesos descritos por los autores Uthumporn *et al.* (2016) y Vega-Gálvez *et al.* (2012) Por otro lado, para determinar el tiempo de secado, se midió el contenido de humedad como resultado preliminar hasta

obtener un porcentaje inferior al 15% (NOM-247-SSA1-2008) y se tomó en cuenta el color de las harinas.

Se utilizaron dos equipos para el secado, un horno de secado (sin circulación de aire y en oscuridad total, 15,5% de humedad) y el túnel de secado (con circulación de aire que pasa a través de un conjunto de resistencias se convierte en aire seco con 2,5% de humedad). El diseño del túnel permite la entrada de la luz, aunque fue controlada.

En la tercera etapa, la berenjena fue secada en sus fracciones de cáscara, pulpa interna (la pulpa con las semillas) y pulpa externa (pulpa libre de semillas) y secadas en las condiciones que se mencionan en la Tabla 1.

Rendimiento de las harinas fue calculado con la formula:

$$\text{Rendimiento} = \left(\frac{PH}{PF} \right) * 100$$

En donde,

PH= peso de la harina

PF=peso fresco del cereal o vegetal

5.3.3 Determinación de las propiedades funcionales

La capacidad de retención de agua y aceite se determinó de acuerdo con el método descrito por Beuchat (1977) con algunas modificaciones; Se tomaron 0,5 g de la muestra en 5 ml de agua destilada (el pH se ajustó a 7) o aceite vegetal y se mezclaron mediante agitación con vórtex (Boeco modelo V2H) durante 1 minuto. Luego se centrifugó a 3000 rpm / 30 minutos. Los resultados se expresaron en gramos de agua-aceite retenido por gramo de muestra. Las mediciones se realizaron a temperatura ambiente.

Para la capacidad de emulsión, se utilizaron los métodos descritos por Yasumatsu *et al.* (1992) y Zhao *et al.* (2018). Se mezclaron 0,5 g de muestra con 20 ml de agua destilada en un vórtice durante 15 minutos y el pH se ajustó a 7. El aceite vegetal se mezcló en una relación 1:1 (20 ml) y se homogeneizó (OMNI GLH modelo glh-01) durante 3 minutos a velocidad media, y luego se centrifugó a 1300 rpm. Los resultados se expresaron como un porcentaje de la altura de la capa de emulsificación con respecto al líquido total.

Este análisis se utilizó como filtro para el paso a la segunda etapa.

Tabla 1. Especificaciones del procesado de las harinas.

Grupos	Pretratamiento - Forma de secado	Secado		Molienda	Envasado - Almacenamiento
		Equipo	Temperatura - Tiempo		
Amaranto (HAm) Quínoa (HQ)	Granos	Horno de secado (Napco modelo 630)	70 °C por 5 horas	Se redujo a un tamaño de partículas que correspondan a la de harina. Se utilizo el sedaso de 80 micras en un molino Cyclone Sample mill modelo 3010-030.	Se empacó en bolsas de vacio y se almacenó a temperatura de congelación hasta su uso.
Alcachofa(HA)	Triturado (Cyclone Sample mill modelo 3010-030)	Túnel de secado (Procmex modelo LQ001)	40 ° C a 45 ° C durante 20 horas		
Berenjena	T1	Triturado (Cyclone Sample mill modelo 3010-030)	Horno de secado (Napco modelo 630)	45 ° C a 50 ° C durante 2 días.	
	T2	Cortadas en rodajas			
	T3	Cortadas en rodajas y congelado	Túnel de secado (Procmex modelo LQ001)	40 ° C a 45 ° C durante 16 horas	
	T4	Cortadas en rodajas			
Cáscara(Cás)	Cortadas en tiras				
Pulpa externa(PE)					
Pulpa interna (PI)					

5.3.4 Determinación de la composición proximal

Los análisis se realizaron de acuerdo con la Asociación de Química Analítica Oficial (1998) El contenido de ceniza, humedad y fibra bruta se evaluaron gravimétricamente (método AOAC 14.006, AOAC 925.15 y AOAC 962.09, respectivamente). El método Goldfisch (AOAC 920.36C) se utilizó para determinar el contenido de grasa. El contenido de proteína se midió utilizando el método Kjeldahl (AOAC 930.29), y los carbohidratos totales se determinaron por diferencia.

5.3.5 Determinación de color

Para la determinación del color, se llenó una cubeta espectrofotométrica de 1,5 ml con la muestra y se midió el color utilizando un lector de color Konica Minolta CR-20 (Tokio, Japón). Los parámetros cromáticos se obtuvieron utilizando los sistemas de color CIELAB (L^* , a^* , b^*) y CIELCH (L^* , C^* , h) de acuerdo con la Comisión Internacional de Comercio (2018). L^* define luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), a^* indica rojo (positivo a^*) o valor verde (negativo a^*) y b^* indica amarillo (positivo b^*) o valor azul (negativo b^*), C^* (Croma; nivel de saturación de h) y h (ángulo de tono: 0 ° = rojo, 90 ° = amarillo, 180 ° = verde, 270 ° = azul). La vista de color se obtuvo utilizando el software en línea ColorHexa, el convertidor de color usando los **valores L^* , a^* y b^*** .

5.3.6 Compuestos fenolicos y actividad antioxidante

5.3.6.1 Preparación de los extractos de las harinas

Se mezclaron 90 mg de la harina con 5 ml de metanol al 80%. La extracción se llevó a cabo a temperatura ambiente, utilizando un agitador magnético. Después de 40 minutos, la solución se centrifugó durante 5 minutos a 9500xg (10 ° C). El sobrenadante se recogió y almacenó en condiciones de congelación hasta su uso.

5.3.6.2 Contenido de fenoles totales (CFT)

El contenido total de fenoles se determinó utilizando el método de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Esto se llevó a cabo mezclando 200 μ L del extracto de muestras

con 2.6 mL de agua destilada, 200 μ L de reactivo de Folin-Ciocalteu y 2 mL de solución de carbonato de sodio (7%). Después de 120 minutos en la oscuridad (la incubación fue a temperatura ambiente, 23 ° C -25 ° C), la absorbancia se midió a 730 nm. El contenido fenólico total se expresó como mg de ácido clorogénico equivalente (CAE) por 100 gramos de harina.

5.3.6.3 Contenido de flavonoides (CF)

El contenido total de flavonoides se midió utilizando el método Xiong *et al.* (2014), con algunas modificaciones. En resumen, se mezclaron 200 μ L del extracto de la muestra con 3.5 mL de agua destilada y 150 μ L de solución de NaNO₂ al 5%. Después de 5 minutos, se disolvieron 150 μ L de solución de AlCl₃ al 10% en agua destilada, que se añadió. La mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 5 min, luego se añadió 1 ml de NaOH 1 M y se agitó en vórtex durante 5 segundos y se dejó durante 15 minutos. El contenido total de flavonoides se expresó como mg de catequinas equivalentes (CAE) por 100 gramos de harina.

5.3.6.4 Contenido de catequinas equivalentes (CCE)

El contenido de tanino condensado del extracto se determinó utilizando la vainillina (Price *et al.*, 1978) con algunas modificaciones. El extracto de la muestra (250 μ L) se mezcló con una solución de vainillina al 1% (650 μ L) y una solución de H₂SO₄ al 25% (650 μ L). Después de 15 minutos, la solución se incubó a 30°C y se midió la absorbancia a 500 nm. El contenido de tanino condensado se expresó como mg de catequinas equivalentes (CAE) por gramos de harina.

5.3.6.5 Determinación de la capacidad antioxidante

La capacidad de donación de electrones e hidrógeno del extracto se midió utilizando los métodos DPPH, ABTS, ORAC y FRAP.

5.3.6.5.1 Método DPPH

El método DPPH se realizó de acuerdo con el método descrito por Tai *et al.* (2010) con ligeras modificaciones. Se mezclaron 1.5 mL de una solución de DPPH (2 mg / L) en

metanol al 80 % con 50 μ L de extracto, se incubaron a temperatura ambiente (23 ° C - 25 ° C) en la oscuridad durante 30 minutos. La absorbancia se midió a 517 nm contra un blanco. Los resultados se expresaron en micromoles de equivalentes de Trolox (μ MTE) / g de harina. Se realizó el cálculo de porcentaje de inhibición del radica DPPH con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibicion} = \left(\frac{absC - absM}{absC} \right) * 100$$

En donde,

absC= absorbancia del control

absM= absorbancia de la muestra

5.3.6.5.2 Método ABTS

Para el ensayo ABTS, el procedimiento siguió el método utilizado en ensayos anteriores (Arnao *et al.*, 2001; Thaipong *et al.*, 2006) con algunas modificaciones. Las soluciones madre incluían una solución de persulfato de potasio 2.6 mM y una solución ABTS $\cdot+$ de 7.7 mM; estas soluciones se mezclaron en cantidades iguales. Después de 12 horas a temperatura ambiente en la oscuridad, la solución ABTS $\cdot+$ se diluyó con metanol al 80% para obtener una absorbancia de 1.000 unidades a 734 nm utilizando el espectrofotómetro. Los extractos de las harinas (50 μ l) se dejaron reaccionar con 1500 μ l de solución ABTS $\cdot+$ durante 30 min en la oscuridad, luego se midió la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresan en micromoles de equivalentes de Trolox (μ MTE) / g de harina. Se realizó el cálculo de porcentaje de inhibición del radica ABTS con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibicion} = \left(\frac{absC - absM}{absC} \right) * 100$$

En donde,

absC= absorbancia del control

absM= absorbancia de la muestra

5.3.6.5.3 Método FRAP

La capacidad férrica de reducción de antioxidantes se midió de acuerdo con el método descrito por Suárez *et al.* (2010) con ligeras modificaciones. El solución FRAP se

preparó con 5 ml de TPTZ (10 mM), 5 ml de FeCl₃ (20 mM) y 50 ml de tampón de acetato de sodio (300 mM, pH = 3.6). Se mezclaron 50 µL del extracto de la muestra con 1,5 ml de la solución FRAP, recién preparado. El ensayo FRAP se llevó a cabo a 37 °C en una incubadora. La absorbancia se midió a 595 nm y los resultados se expresaron en micromoles de equivalentes de Trolox (µMTE) / g de harina. Se utilizó una curva de calibración con el estándar de Trolox en un rango de 0 a -500 µM.

5.3.6.5.4 Método ORAC

La determinación se realizó utilizando placas de 96 pocillos en un lector de placas automatizado (Synergy 2, Bio Tek, U.S.A.). Se utilizó una solución tampón fosfato pH 7,4. El radical fue generado apartir de 2, 2'-azobis (2-amidino-propano) preparado antes de su uso, como sustrato se uso fluorescína. El rango de lectura fue excitación a 485 nm y emisión a 520 nm (Thaipong *et al.*, 2006). Los resultados se expresan como µM TE /g de harina fueron analizados con el software Gen 5 de BioTek (U.S.A.). Se utilizó una curva de calibración con el estándar de Trolox en un rango de 0 a 100 µM. La distribución de las muestras se realizó como se presenta en la Figura 2.

5.3.7 Análisis estadístico

Los datos de los tres experimentos repetidos se analizaron para determinar si las variaciones eran estadísticamente homogéneas, y los resultados se expresaron como medias ± SD. Las comparaciones estadísticas se realizaron mediante análisis de varianza de una vía (ANOVA) seguido de una prueba de duncan utilizando el software SPSS 17. Las diferencias entre las medias se consideraron significativas ($p < 0.05$).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	A	STD100	STD25	STD6.25	M1	M3	M5	M7	M9	M11	B	A
C	A	STD100	STD25	STD6.25	M1	M3	M5	M7	M9	M11	B	A
D	A	STD100	STD25	STD6.25	M1	M3	M5	M7	M9	M11	B	A
E	A	SDT50	STD12.5	STD 0	M2	M4	M6	M8	M10	M12	B	A
F	A	SDT50	STD12.5	STD 0	M2	M4	M6	M8	M10	M12	B	A
G	A	SDT50	STD12.5	STD 0	M2	M4	M6	M8	M10	M12	B	A
H	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Figura 2. Distribución de la placa ORAC.

5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.4.1 Estandarización del método de elaboración de las harinas

5.4.1.1 Harina de berenjena

La harina de berenjena producida se marcó como T1 (berenjena triturada y secada a 45 °C - 50 °C en un horno de secado), T2 (berenjena en rodajas secada a 45 °C - 50 °C en un horno de secado), T3 (berenjena en rodajas) se congeló y se secó a 40 °C - 45°C en un secador de túnel), y T4 (berenjena en rodajas secada a 40 °C - 45 °C en un secador de túnel). La berenjena es una vegetal con un alto porcentaje de agua (aproximadamente el 90%), que permite que los microorganismos y las reacciones bioquímicas la deterioren reduciendo su vida anaquel. En general, la berenjena es un vegetal difícil de deshidratar debido a su alto porcentaje de agua lo que implica largos tiempos de secado; con el uso del túnel, se logró reducir el tiempo de secado de 48 h (horno de secado) a 16 horas obteniendo aproximadamente una reducción de un 70 % del tiempo de secado, esto que demuestra que la deshidratación es más rápida cuando la velocidad del aire aumenta. Por otro lado, al usar altas temperaturas de secado se produce el fenómeno de endurecimiento de la corteza lo que implica un mayor tiempo de secado (Demirel y Turhan, 2003; Hincapié *et al.*, 2010). Con el fin de medir el rendimiento de las harinas se tomó como punto de partida 10 kilogramos de berenjena fresca, de este se obtuvo un rendimiento entre 9.5 a 10.78 % de materia seca o harina, este rendimiento esta de acuerdo con los resultados obtenidos por Uthumporn *et al.* (2016), quien obtuvo harina de berenjena en un rango de temperatura de 40 °C a 50 °C por 72 horas de secado usando un horno de secado con aire.

La Tabla 2 muestran los parámetros cromáticos de las harinas de berenjena. Estos valores cromáticos fueron de 52.50 a 64.60, 4.55 a 9.65, 20.15 a 21.65, 21.09 a 23.60 y 65.98 a 77.54 en L^* , a^* , b^* , C^* y h , respectivamente. Todas las harinas de berenjena muestran un color "naranja oscuro en su mayor parte desaturado". Sin embargo, el color de los tratamientos 1 y 2 se puede clasificar como "marrón pálido", mientras que los tratamientos del color de los tratamientos 3 y 4 se pueden clasificar como "marrón claro". La diferencia principal entre estas tonalidades de los colores se debe principalmente al valor L^* ; la causa de esta diferencia de color se atribuye al

pardeamiento enzimático del tejido vegetal, que es una de las principales causas de pérdida de calidad en el secado de alimentos. Los valores de color correspondientes a las muestras T1 y T2 presenta un efecto notable del pardeamiento de tejido vegetal, que tuvo lugar durante el proceso de secado debido a la formación de polímeros de complejo marrón (melaninas), que impide la fácil extracción de las moléculas de agua de los tejidos vegetales, alargando el tiempo de secado (Tomás-Barberán *et al.*, 2000). La muestra T3 muestra un color similar al de las muestras T1 y T2 debido al daño causado por las bajas temperaturas (temperaturas de congelación) a las que fue sometida antes del secado, este pretaratamiento se realizó con el fin de verificar las formas de almacenado del producto antes del procesado de los vegetales. No hay bibliografía disponible para comparar con el informe actual sobre la harina de berenjena, ya que no existen estudios sobre la evaluación de las propiedades cromáticas de la harina de berenjena, sin embargo, se puede comparar con harinas obtenidas de otras hortalizas con métodos similares. En este sentido, Noor y Komathi (2009) obtuvieron harina de pulpa de calabaza pelada y pulpa de calabaza sin pelar. Su proceso para la producción de harina consistió en remojar las pulpas de calabaza en metabisulfito de sodio al 0.1% por 30 minutos después de eso las pulpas se lavaron, se cortaron en rodajas y se secaron durante la noche a 60 °C. Las propiedades cromáticas de las harinas obtenidas fueron 63.45, 15.68, 53.83, 56.07 y 73.76 para harina de pulpa de calabaza pelada y 64.93, 13.53, 49.45, 51.27 y 74.70 para harina de pulpa de calabaza sin pelar en L^* , a^* , b^* , C^* y Parámetros cromáticos h . Por otro lado, Que *et al.* (2007) obtuvo harina de calabaza a través de procedimientos de secado con aire caliente. En este estudio, la calabaza se cortó en rodajas y se secó al aire a 70 °C durante 54 h. Ambos productos se tritularon y tamizaron utilizando un tamiz de malla 60 (250 μm). Las propiedades cromáticas de las harinas obtenidas fueron 80.15, 13.43, 48.63, 50.45 y 74.56 para la harina liofilizada, y 61.83, 11.12, 41.87, 43.32 y 75.13 para la harina secada al aire caliente en L^* , a^* , b^* , C^* y h parámetros cromáticos. Todos los parámetros cromáticos obtenidos en los estudios mencionados anteriormente fueron superiores a las propiedades cromáticas de nuestras harinas de berenjena, esto podría atribuirse principalmente al hecho de que la calabaza tiene diferentes características a la berenjena. Otro hecho importante que produce un valor de L^* más bajo en la berenjena en comparación con la calabaza es la alta





concentración de fenólicos en la piel de la berenjena (antocianinas) y pulpa (ácidos fenólicos) que se oxidan mediante un mecanismo enzimático una vez que se cortan, y también al pardeamiento no enzimático debido al tratamiento térmico utilizado en la producción de la harina. Cabe mencionar que en comparación con los estudios realizados por Uthumporn, *et al.* (2016) y Noor y Komathi (2009) en esta investigación se obtuvieron tiempos de secados más cortos, utilizando el mismo rango de temperatura, siendo estos de 16 horas de secado.

5.4.1.2 Harina de quinua (HQ), harina de amaranto (HAM) y harina de alcachofa (HA)

La elaboración de las harinas de los cereales amaranto y quinua no presentó complicaciones, debido a que se realizó apartir de una materia prima con un secado previo. Por otro lado, la harina de alcachofa se secó en el túnel hasta alcanzar un porcentaje de humedad por debajo del estándar de la Norma Mexicana que es un 15% (NOM-247-SSA1-2008). Apartir de estas harinas se tomaron los parámetros cromáticos.

Los parámetros cromáticos muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la harina de alcachofa y las harinas de los cereales (quinua y amaranto). Las harinas de quinua y amaranto se encuentran en el mismo rango de tonalidades beige, con un valor L^* es de 86.59 y 84.44 (Tabla 3), respectivamente, estos valores se acercan al valor L^* de la harina de trigo (94.39) (Vásquez *et al.*, 2018). La harina de alcachofa por el contrario tiene el valor L^* más bajo, pero respecto a la harina de berenjena es más alto, estas harinas tienen un alto contenido de compuestos fenólicos y son mas sencibles a las reacciones de oxidación que las harinas de los cereales (quinua y amaranto) utilizadas en este estudio. El valor a^* presenta diferencia significativa para todas las harinas teniendo un rango entre 0.64 a 5.49, en cuanto al valor b^* no existe diferencia significativa entre las harinas de quinua y amaranto. Se han encontrado valores de L^* (92.9803) más altos que los de este estudio, al igual para el valor a^* (2.722) y el valor b^* (20.97), estos cambios pueden deberse a las condiciones en las que fue cultivada la quinua (Capurro y Huerta, 2016).

Tabla 2. Propiedades cromáticas (L^* , a^* , b^* , C^* , h^*) de harinas de berenjena.

Tratamientos	Parámetros cromáticos					View
	L^*	a^*	b^*	C^*	h	
T1	52.50 ± 0.14 ^c	9.65 ± 0.49 ^a	21.65 ± 0.49 ^a	23.60 ± 0.65 ^a	65.98 ± 0.60 ^b	
T2	52.55 ± 0.49 ^c	9.25 ± 0.63 ^{ab}	21.05 ± 0.49 ^a	22.99 ± 0.71 ^{ab}	66.29 ± 0.95 ^b	
T3	57.40 ± 0.42 ^b	6.90 ± 0.56 ^b	20.15 ± 0.21 ^a	21.30 ± 0.01 ^b	71.10 ± 1.62 ^b	
T4	64.60 ± 0.42 ^a	4.55 ± 0.07 ^c	20.60 ± 0.14 ^a	21.09 ± 0.16 ^b	77.54 ± 0.10 ^a	

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.




T1: triturado/horno.

T2: rodajas/horno.

T3: rodaja/congelado/tunel.

T4: rodaja/tunel.

Tabla 3. Parámetros cromáticos de las harinas de quínoa, harina de alcachofa y harina de amaranto.

Harinas	Parámetros cromáticos					View
	L^*	a^*	b^*	C^*	h	
HQ	86.59 ± 0.11 ^a	0.64 ± 0.01 ^c	13.77 ± 0.03 ^a	13.79 ± 0.03 ^b	0.426 ± 0.01 ^b	
HA	62.25 ± 0.13 ^b	5.49 ± 0.03 ^a	24.45 ± 0.14 ^a	25.06 ± 0.14 ^a	5.04 ± 0.03 ^a	
HAm	84.44 ± 0.00 ^a	2.02 ± 0.01 ^b	14.99 ± 0.01 ^a	15.12 ± 0.01 ^b	1.37 ± 0.05 ^b	

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

HQ: Harina de quínoa.

HA: Harina de alcachofa.

Ham: Harina de amaranto.

5.4.2 Propiedades tecnofuncionales

Las propiedades funcionales de las harinas nos ayudan a determinar el uso que se puede otorgar a ellas, ya sea su uso para la elaboración de panes, como extensores cárnicos, como coayudante en la elaboración de productos con harina de trigo, etc. En este estudio se determinaron las propiedades de absorción (retención) de agua y aceite, y la propiedad de emulsión de las harinas, para definir con cuales harinas continuaremos en la segunda parte del proyecto de investigación.

Para la elaboración de la harina de berenjena se usaron 4 métodos de elaboración, a los cuales se les determinaron sus propiedades funcionales. En la Tabla 4 se muestran los resultados de la capacidad de retención de agua para las harinas de berenjena (T1, T2, T3 y T4), estos resultados se encuentran en un rango entre 1.2 y 2.08 g de agua / g de harina. La muestra T4 (2.08 g de agua / g de harina) tuvo la mayor capacidad de CRA y T1 (1.28 g de agua / g de harina) tuvo los valores más bajos, en las diferentes harinas de berenjena. Por otro lado, la Tabla 5, muestra la capacidad de retención de agua de las harinas de alcachofa, quínoa, amaranto, berenjena (T4) frente al control de harina de trigo, presentando diferencia significativa entre las harinas. Los resultados siguen el orden HA, HAm, HQ, HB y HT, todas las harinas de estudios presentan una capacidad de retención de agua mayor que la harina de trigo. Se encontraron resultados similares en harina de granos de soja liofilizada (1.8 g de agua / g de harina) y harina de calabaza (1.5 a 2.5 g de agua / g de harina) secada a 60 ° C (Chau y Cheung, 1998; Noor y Komathi, 2009), aún así, las muestras HAm y HA se encuentran en un rango mayor a estas. La capacidad de absorción de agua se considera una propiedad funcional de las proteínas, fundamental en alimentos viscosos como salsas, sopas, productos horneados y masas, y aquellos productos donde se requiere una buena interacción proteína-agua, como lo son los embutidos (Granito et al., 2004). Las diferentes estructuras proteicas y los diferentes hidratos de carbono hidrófilos influyen a la variación de CRA en las harinas (Hodge y Osman, 1976; Kaur et al., 2007). El CRA ayuda a la modificación de la textura y la viscosidad en los alimentos formulados.

En cuanto a los resultados de la capacidad de retención de aceite (CRA), las harinas de berenjena presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos T1, T2, T3 y T4 (Tabla 4), este comportamiento también se da entre las harinas de alcachofa, quínoa, amaranto y berenjena (T4) y el control harina de trigo (Tabla 5). Akubor y Badifu (2004) y Fasasi *et al.* (2004) reportaron una capacidad de retención de aceite en harina de semilla de *Treculia africana*, cocidas a 100°C y secada (55 ° C, 24 h), en un rango de 1.14 a 1.3 g de aceite / g para harina, y Chau y Cheung (1998) reportó una capacidad de retención de aceite en harina de soya de 1.93 g de aceite / g de harina, ambas harinas tuvieron valores bajos frente a las harinas de berenjena y la harina de

amaranto. Sin embargo, Chel-Guerrero *et al.* (2002), encontró en harina de *Canavalia ensiformis* tuvo valores similares (3.15 g de aceite / g de harina) a los obtenidos en este estudio. La alta capacidad de retención de aceite puede atribuirse a los altos niveles de moléculas de proteínas de residuos no polares (Chel-Guerrero *et al.*, 2002).. Por otro lado, el tratamiento térmico aumenta la absorción de aceite (Fasasi *et al.*, 2004), este es un aumento atribuido a la disociación y desnaturalización de las proteínas por el calor. Los tratamientos T4 y T2 tienen una mayor capacidad de retención de agua / aceite que las muestras T1 y T3, los cambios en la capacidad de retención pueden atribuirse a la modificación de la estructura física del alimento. Los métodos de procesamiento de alimentos, como la congelación y la picadura, pueden afectar la conformación de las proteínas y la hidrofobicidad (Sangnark y Noomhorm, 2004; Yu *et al.*, 2007).

Los resultados de la capacidad de emulsión (CE) de las harinas de berenjena (T1, T2, T3 y T4) presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) entre ellas. La muestra T1 obtuvo el porcentaje más bajo respecto a las muestras T2, T3 y T4 (Tabla 4); el comportamiento de la muestra T1 nos muestra que el pretratamiento de triturado de la berenjena antes de su secado afecta significativamente ($p < 0.05$) a la CE; de otro modo en caso de la muestra T4, obtuvo el mayor porcentaje de CE entre todas las muestras, sin embargo, no difieren significativamente ($p < 0.05$) a las muestras T2 y T3 (Granito *et al.*, 2004).

Los resultados de la CE de las harinas (Tabla 5) siguieron el orden HQ, HB (T4), HAM y HA, frente al control harina de trigo. La capacidad de emulsión de los alimentos depende de los grupos lipofílicos y hidrofílicos que componen las fibras (Khalid *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2011). Rodríguez *et al.* (2011), reporta porcentajes de CE en harina de malanga (obtenidas a 65 °C por 25 hrs) de 37.92 %, similares a los obtenidos en esta investigación, sin embargo, valores obtenidos en harina de leguminosas y harina de papa (Adeleke y Odedeji 2010) fueron mas bajos a que las muestras exceptuando a la HA. En general, los métodos de procesamiento de los alimentos afectan la conformación de proteínas y la hidrofobicidad (Yu *et al.*, 2007), y el contenido de proteína y péptidos en los alimentos definen su capacidad para reaccionar antes los grupos hidrofílicos y lipofílicos, como consecuencia se obtiene una emulsion estable y retarda la coalescencia (Mahmoud, 1994).

En último término, las propiedades tecnofuncionales nos ayudan a conocer la aplicación que puede tener las harinas como un ingrediente en la formulación de un alimento, ya que estas características definen el comportamiento de las proteínas, carbohidratos y fibras en el alimento procesado. Teniendo en cuenta los resultados de las propiedades tecnofuncionales se tomó la harina de Berenjena (T4) y la harina de quínoa para continuar con los análisis siguientes.

5.4.3 Análisis de bromatológico de la harina de berenjena (HB) y la harina de quínoa (HQ).

A partir de los resultados obtenidos en las propiedades tecnofuncionales se tomaron aquellas harinas con el mejor desempeño, en las propiedades antes mencionadas, para la continuación con la caracterización bromatológica, siendo estas harinas la HQ y HB (T4). Los resultados de la composición nutricional de las harinas HB y HQ se muestran en la Tabla 6.

El contenido de humedad de las harinas se encuentra bajo el 15 % como señala la norma mexicana (NOM-247-SSA1-2008). Uthumporn, *et al.* (2016) en su estudio sobre harina de berenjena (procesadas en condiciones similares a las de esta investigación) obtuvo resultados un rango entre 8.47 a 9.45 % de humedad en las harinas de berenjenas. Es importante la determinación del contenido de humedad en las harinas como control de calidad ya que representa un punto a considerar en su conservación, proporcionándoles una mayor estabilidad, en consecuencia, se obtiene una larga vida de anaquel (Nasir *et al.*, 2003), debemos tomar en cuenta que un porcentaje cercano a 100 disminuye considerablemente la estabilidad de las harinas. De otro modo en caso del contenido de cenizas, los resultados promedio de las harinas HQ y HB fue de 1.78 y 6.53 %, respectivamente, estos resultados fueron similares a los obtenidos por Hussain, *et al.* (2011) en diferentes vegetales tratados en las mismas condiciones de temperatura de secado.

Table 4. Propiedades funcionales de las harinas de berenjena.

Harinas	CRA ¹ (g agua/g harina PS)	CRa ² (g aceite/ g harina PS)	CE ³ (%)
T1	1.28 ± 0.1 ^b	2.13 ± 0.26 ^d	25 ± 0.1 ^b
T2	1.61 ± 0.16 ^b	4.49 ± 0.59 ^b	37.33 ± 0.57 ^a
T3	1.4 ± 0.25 ^b	3.79 ± 0.16 ^c	34.5 ± 0.5 ^a
T4	2.08 ± 0.13 ^a	5.22 ± 0.11 ^a	37.83 ± 0.28 ^a

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

T1: triturado/horno.

T2: rodajas/horno.

T3: rodaja/congelado/tunel.

T4: rodaja/tunel.

PS: Peso seco.

¹CRA: Capacidad de retención de agua.

²CRa: Capacidad de retención de aceite.

³CE: Capacidad de emulsión

Tabla 5. Propiedades funcionales de la harina de berenjena, harina de quínoa, harina de alcachofa, harina de amaranto y harina de trigo.

Harinas	CRA ¹ (g agua/g harina PS)	CRa ² (g aceite/ g harina PS)	CE ³ (%)
HB	2.08 ± 0.13 ^c	5.22 ± 0.11 ^a	37.83 ± 0.28 ^{ab}
HQ	2.63 ± 0.40 ^{bc}	1.24 ± 0.04 ^c	45.47 ± 0.49 ^a
HA	3.74 ± 0.04 ^a	1.85 ± 0.04 ^{bc}	16.67 ± 0.60 ^d
HAm	3.17 ± 0.36 ^{ab}	2.31 ± 0.04 ^b	29.17 ± 0.21 ^c
HT	1.03 ± 0.21 ^d	1.11 ± 0.04 ^c	31.25 ± 0.04 ^{bc}

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

HQ: Harina de quínoa.

HA: Harina de alcachofa.

HAm: Harina de amaranto.

PS: Peso seco.

¹CRA: Capacidad de retención de agua.

²CRa: Capacidad de retención de aceite.

³CE: Capacidad de emulsión

Por otro lado, los resultados obtenidos del contenido de proteínas de las harinas HQ y HB no difieren entre ellas ($p>0.05$). La base de datos del USDA (USDA Basic report, 2018) reporta un contenido de proteínas para la berenjena fresca es de 0.98 % (12.73 % en base seca) y para la quinua sin coser es de 14.12 %. Uthumporn, *et al.* (2016) en su estudio de diferentes tipos de berenjenas (indios, tailandeses, chinos y blancas), secadas bajo las mismas condiciones de temperatura que en esta investigación, reporta un contenido de proteína en un rango de 12 a 15%, estos resultados nos ayudan a confirmar los obtenidos en esta investigación. Se observó que el contenido de grasa en la harina HQ (6.28 %) fue significativamente mayor al de la harina HB (1.75 %) ($p<0.05$). Se ha reportado un contenido de grasa en diferentes tipos (china, filipina, tailandés, hindú, blanca y americana) berenjena fresca y en su harina en un rango de 0.3 a 5.18 % (Uthumporn *et al.* 2016; Niño-Medina *et al.* 2017), así mismo se reporta un 6.07 % de contenido de grasa para la quinua sin coser (USDA Basic report, 2018). Por último, el contenido de carbohidratos de las harinas no difiere significativamente ($p>0.05$), de acuerdo con estos resultados Uthumporn *et al.* 2016 reporta un contenido en un rango de 62 a 68%. San José *et al.* (2011), reportó que los azúcares solubles con mayor incidencia en berenjena fresca son la glucosa y la fructosa. En general, la composición proximal de las harinas de quinua y la harina de berenjena reveló que ambas harinas contienen un alto contenido de proteína, que confirma los resultados obtenidos en las propiedades funcionales. Estas harinas tienen un contenido de fibra mayor que la harina de trigo, y un porcentaje de carbohidrato menor (USDA Basic report, 2018).

Tabla 6. Análisis bromatológico harina de berenjena y harina de quínuva.

Harinas	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Fibras (%)	Carbohidratos (%)
HB	6.53 ± 0.25 ^a	1.73 ± 0.02 ^b	12.77 ± 0.24	12.17 ± 0.92	65.22 ± 1.22
HQ	1.78 ± 0.03 ^b	6.28 ± 0.21 ^a	12.77 ± 0.01	12.24 ± 0.83	66.12 ± 0.43

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

¹HB: Harina de berenjena.

²HQ: Harina de quínuva.

Table 7. Contenido de Fenoles totales y capacidad antioxidante de las harinas de berenjena y quínuva.

Harinas	FT ¹ (mgCAE/kg harina PS)	ABTS (μMTE/kg harina PS)	DPPH (μMTE/kg harina PS)
HQ	2,090.08 ± 28.2 ^b	34,133 ± 206 ^b	32,450 ± 242 ^b
HB	10,866 ± 673 ^a	43,205 ± 673 ^a	43,167 ± 611 ^a

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

mgCAE = miligramos de equivalentes de ácido Clorogénico.

μMTE = micromoles equivalentes de Trolox.

¹FT: Fenoles Totales.

HB: Harina de berenjena.

HQ: Harina de quínuva.

PS: Peso seco

5.4.4 Contenido de fenoles totales (FT) y capacidad antioxidante de las harinas de Quínuva y berenjena

El análisis de la harina de berenjena mostró que el contenido de fenoles totales es significativamente mayor ($p < 0.05$) a la harina de quínuva (Tabla 7). Este comportamiento también se reflejó en los resultados de la capacidad antioxidante. Los resultados de la harina de quínuva concuerdan con los obtenidos por Repo-Carrasco y Serna (2011) quienes encontraron un contenido de fenoles totales en 3 variedades de quínuva (Choclito de Ayaviri, Chullpi y Pasankalla) en un rango entre 1,760 a 1,910.8 mgCAE. Raigón *et al.* (2008) analizaron jugos de 31 variedades de berenjena (variedades comerciales, variedades locales e híbridos entre las variedades locales) con resultados en un rango de 5,450 a 10,480 (mg de ácido clorogénico /kg de muestra). En cuanto a la capacidad antioxidante, ambas harinas muestran una tendencia similar, los

resultados de la capacidad antioxidante por ABTS son mayores a los resultados con el método DPPH.

5.4.5 Caracterización de las harinas berenjena

5.4.5.1 Rendimientos de las harinas

Para conocer las propiedades individuales de las partes de la berenjena se elaboraron harinas de sus fracciones: cáscara (Cás), pulpa interna (PI) y pulpa externa (PE). Se encontró que la PI (48 %) tiene el mayor porcentaje de la fruta, seguida de la PE (40 %) y por ultima la cáscara que representa el 11 % de la fruta. En cuanto al rendimiento de procesado de las fracciones y de la berenjena completa, se observó que sigue el orden $HB > Cás > PI > PE$ (Tabla 8), el calculo de los resultados se realizó en función al peso en gramos del producto fresco. El rendimiento de procesado obtenido por las harinas PI y PE fue significativamente menor ($p < 0.05$) al de las harinas HB y Cás. No se encontraron reportes sobre el rendimiento de las fracciones de berenjenas con los que se puedan comparar los datos obtenidos en esta investigación; García *et al.* 2012, elaboró harinas de quinchoncho obtenida con diferentes tratamientos térmicos y obtuvo un rendimiento en un rango de 82.75 a 85 %, a partir de una materia prima con un 50% de humedad. El rendimiento de secado de un alimento va de la mano con el contenido de humedad inicial del alimento, en esta investigación se partió de un alimento con un porcentaje de humedad inicial del 90 % (USDA Basic report, 2018).

Tabla 8. Rendimiento de las fracciones de la berenjena y del procesamiento de las harinas.

Harinas	Rendimiento (%)	
	<i>De la Berenjena</i>	<i>Procesado de la fruta</i>
HB	-	9.89 ± 0.3 ^a
Cás	11.49 ± 2.6 ^b	9.82 ± 0.4 ^a
PI	48.02 ± 2.5 ^a	6.74 ± 0.3 ^b
PE	40.49 ± 1.9 ^a	5.78 ± 0.1 ^b

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

HB: Harina de berenjena.

Cás: Harina de cáscara de berenjena.

PI: Harina de pulpa interna de berenjena.

PE: Harina de pulpa externa de berenjena.

100 % (-).

Tabla 9. Fibra dietética insoluble, fibra dietética soluble y contenido total de fibra dietética de las harinas.

Harinas	FDT (%)	FDI (%)	FDS %
HB	34.43 ± 0.1 ^b	32.86 ± 0.3 ^{ab}	1.57 ± 0.2 ^c
PI	25.97 ± 0.4 ^c	8.77 ± 0.6 ^c	17.20 ± 0.4 ^a
PE	30.66 ± 0.8 ^b	23.11 ± 0.2 ^b	7.54 ± 0.8 ^b
Cás	52.74 ± 0.2 ^a	44.24 ± 0.1 ^a	8.50 ± 0.1 ^b

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

HB: Harina de berenjena.

Cás: Harina de cáscara de berenjena.

PI: Harina de pulpa interna de berenjena.

PE: Harina de pulpa externa de berenjena.

FD: Fibra dietética.

FS: Fibra soluble.

FI: Fibra insoluble.

5.4.5.2 Contenido de fibra dietética

La tabla 9 muestra el contenido de fibra dietética insoluble (FDI), fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética total (FDT) de las harinas. Se observó que la harina Cás (52.74 %) es significativamente mayor ($p < 0.05$) a las harinas HB, PE y PI. La FDI comprende el mayor porcentaje de fibra dietética en las harinas HB, PE y Cás. Este comportamiento

también se ve en los resultados obtenidos por Murakami *et al.* (2007) y Uthumporn *et al.* (2016). No se encontraron reportes sobre las fracciones de la berenjena con los que se puedan comparar los resultados de esta investigación, aun así, las harinas siguen el comportamiento reportado por otros autores en berenjena. Uthumporn *et al.* (2016), analizó harinas de cuatro tipos de berenjenas (berenjena china, berenjena hindú, berenjena thailandes y berenjena blanca) tratadas en condiciones similares a las de esta investigación, encontró resultados para FDT en un rango de 33.09 (berenjena hindú) a 48.34 % (berenjena blanca), 25.31 (berenjena china) a 39.32 % (berenjena blanca) en FDI y un rango de 5.68 (berenjena thailandes) a 12.28 % (berenjena china) en FDS.

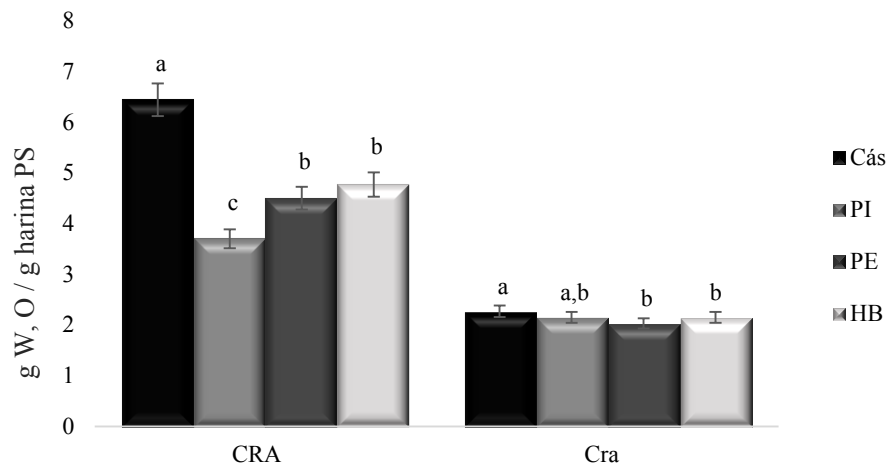
Frølich y Asp (1981), reporta un contenido de FDT en harina de trigo integral (14.4 %) y harina de trigo (3.7 %). Las harinas caracterizadas en este estudio contienen un porcentaje mayor de FDT, por lo que pueden ser consideradas un ingrediente funcional por su alto contenido de fibra dietética insoluble. La fibra insoluble es capaz de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad, lo que lleva a un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito interstinal (Escudero y González, 2006), otro beneficio muy reconocido de las FD es el efecto sobre la reducción de lípidos.

5.4.5.3 Propiedades tecnofuncionales

Los resultados de la capacidad de retención de agua (CRA) fueron significativamente ($p < 0.05$) diferentes entre las harinas Cás, PI, PE y HB; se muestran en un rango entre 3.7 y 6.4 g de agua / g de harina (Gráfica 1). La harina Cás presentó una CRA de 6.4 g de agua / g de su peso seco este fue el resultado mayor de todas las harinas, mientras que la harina PI retuvo 3.7 g de agua / g de su peso en seco. Estos resultados son mayores a los obtenidos en harina de granos de soja liofilizada (1.8 g de agua / g de harina) y harina de calabaza (1.5 a 2.5 g de agua / g de harina) secada a 60 ° C (Chau y Cheung, 1998; Noor y Komathi, 2009). La importancia de la CRA recae en que nos permite la modificación de la textura y la viscosidad en los alimentos formulados, esto nos permite usarla en una gran variedad de alimentos procesados. Por otro lado, los resultados de la capacidad de retención de aceite (CRA) muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las harinas, siguiendo el orden Cás, PI, PE y HB (Gráfica 1) este comportamiento es diferente al obtenido en la CRA. García *et al.* 2012, reporta una CRA en un rango de 1.81 a 2.04 g agua/g harina de

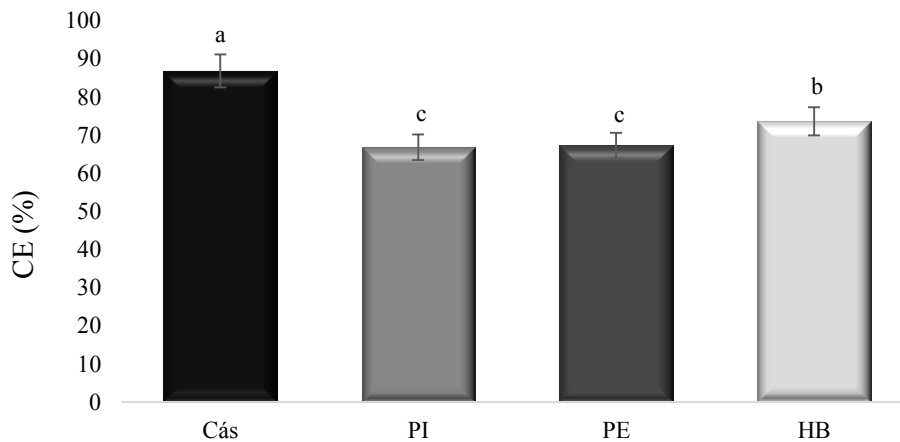
granos de quinchoncho obtenida por diferentes tratamiento térmicos, del mismo modo se reporta una CRA en harina de semilla de *Treculia africana*, cocidas a 100 °C y secada (55 °C, 24 h), en un rango de 1.14 - 1.3 g de aceite / g para harina (Akubor y Badifu, 2004; Fasasi *et al.*, 2004), y en harina de soya (1.93 g de aceite / g de harina) (Chau y Cheung, 1998) estos valores son similares a los obtenidos en esta investigación. La última de las capacidades funcionales analizadas fue la capacidad de emulsión (CE) de las harinas (Gráfica 2), los resultados muestran la misma tendencia que los resultados de la CRA. Se observó que los resultados de la capacidad funcionales tienen relación con el contenido de fibras dietética de las harinas. Los resultados de FDT de las harinas siguen el orden Cás > HB > PE > PI, este comportamiento también se da en la FDI y en la capacidad de retención de agua (CRA), pero esta relación no se ve en la CRA y la CE.

Gráfica 1. Capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de retención de aceite (CRa) de las harinas.



Harina de berenjena (HB), harina de cáscara de berenjena (Cás), harina de pulpa interna de berenjena (PI) y harina de pulpa externa de berenjena. PS = peso seco. Los valores son el promedio de tres réplicas \pm desviaciones estándar de tres lotes diferentes. Barras con diferentes letras para las harinas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Gráfica 2. Capacidad de retención de emulsión (CE) de las harinas.



Harinas de berenjena (HB), harina de cáscara de berenjena (Cás), harina de pulpa interna de berenjena (PI) y harina de pulpa externa de berenjena. Los valores son el promedio de tres réplicas \pm desviaciones estándar de tres lotes diferentes. Barras con diferentes letras para las harinas indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

5.4.5.4 Parámetros cromáticos de las harinas





En la Tabla 10, se muestran los parámetros cromáticos de las harinas. La muestra Cás presenta un valor negativo para el parámetro de a^* , el parámetro L^* es el más bajo frente a las demás harinas, esta harina muestra un color clasificado como “gris claro”; las harinas PE, PI y HB muestran colores clasificados como “beige”. Se observó que existe una relación entre el contenido de fenólico y color de la berenjena, esto se explica por el contenido de antocianinas que en su mayoría se encuentra presente en la cáscara. Además del contenido fenólico, el pardeamiento enzimático del tejido vegetal es una que atribuye color a las harinas desarrollándose en la etapa de secado de las harinas (Noor y Komathi, 2009). Los resultados de esta investigación son menores a los reportados por Montoya *et al.* (2012) en harina de trigo (L^* 92.01; a^* 0.56; b^* 9.78), la harina PE es la muestra que mas se acerca a los valores cromáticos de la harina de trigo, seguida por la harina de HB y PI.

5.4.5.5 Capacidad antioxidante

Los resultados de la capacidad antioxidante muestran difieren significativamente ($P < 0.05$) entre las harinas. Los resultados para el ensayo ABTS (Tabla 11) varían de 137,686.87 a 26,474.75 (μM equivalentes de Trolox / g harina), siendo el orden Cás > HB > PI > PE, este comportamiento se confirma con los resultados obtenidos por los métodos por DPPH (129,333.33 a 12,984.713 μM equivalentes de Trolox / g harina) y ORAC (48,155.71 a 20,932.71 μM equivalentes de Trolox / g harina). Los resultados obtenidos fueron mayores a los obtenido por Okmen *et al.* (2009) en su informe de la actividad antioxidante de 26 tipos de berenjenas (*Solanum melongena* L.) cultivadas en Turquía encontró una de actividad antioxidante de 2,664 a 8,247 μM equivalentes de Trolox / kg. Niño-Medina *et al.* (2017) encontraron resultados similares a los resultados de este estudio, que fueron 78,500 μM de equivalentes de Trolox / kg para berenjena tipo americana liofilizada. En términos generales, los resultados de la actividad antioxidante y el porcentaje de inhibición (gráfica 3) tienen el mismo comportamiento Cás > HB > PI > PE. Boulekbache-Makhlouf *et al.* 2013, utilizó diferentes solventes para la extracción de antocianina en cáscara de berenjena encontraron resultados de porcentaje de inhibición hasta 68 %. Umesh *et al.* (2015), encontró un rango entre 25.17

% a 40.35 % en seis variedades de berenjena de la india, resultados similares a los de esta investigación, no se encontraron un reporte sobre las fracciones PE y PI con los que se puedan comparar los datos obtenidos en esta investigación.

Tabla 10. Parámetros cromáticos de las harinas Cás, PI, PE y HB.

Harinas	Parámetros cromáticos					View
	L*	a*	b*	C*	h	
Cás	57.1 ± 0.01 ^b	-0.4 ± 0.1 ^b	6.4 ± 0.01 ^b	6.4 ± 0.01 ^b	-86.6 ± 0.01 ^a	
PI	68.6 ± 0.01 ^a	4.3 ± 0.01 ^a	22.6 ± 0.01 ^a	22.9 ± 0.01 ^a	79.2 ± 0.01 ^b	
PE	72.2 ± 0.01 ^a	1.9 ± 0.01 ^b	23.2 ± 0.01 ^a	23.3 ± 0.01 ^a	85.2 ± 0.01 ^{ab}	
HB	69.1 ± 0.01 ^a	1.8 ± 0.01 ^b	18.2 ± 0.01 ^a	18.3 ± 0.01 ^a	84.3 ± 0.01 ^b	

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes (p < 0.05).

HB: Harina de berenjena.

Cás: Harina de cáscara de berenjena.

PI: Harina de pulpa interna de berenjena.

PE: Harina de pulpa externa de berenjena.

Tabla 11. Capacidad antioxidante (métodos ABTS, DPPH y ORAC).

Muestras	ABTS	DPPH	ORAC
	(μMTE/kg harina PS)	(μMTE/kg harina PS)	(μMTE/kg harina PS)
Cás	137,686.87 ± 11,931 ^a	129,333.33 ± 15,591 ^a	48,155.71 ± 900 ^a
PE	26,474.75 ± 1775 ^d	12,984.13 ± 2,622 ^c	20,932.71 ± 751 ^c
PI	46,272.73 ± 1,818 ^c	42,031.75 ± 3,061 ^b	23,275.75 ± 312 ^c
HB	62,939.39 ± 1,515 ^b	52,666.67 ± 1,268 ^b	35,469.28 ± 890 ^b

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes (p < 0.05).

μMTE = micromoles equivalentes de Trolox.

HB: Harina de berenjena.

Cás: Harina de cáscara de berenjena.

PI: Harina de pulpa interna de berenjena.

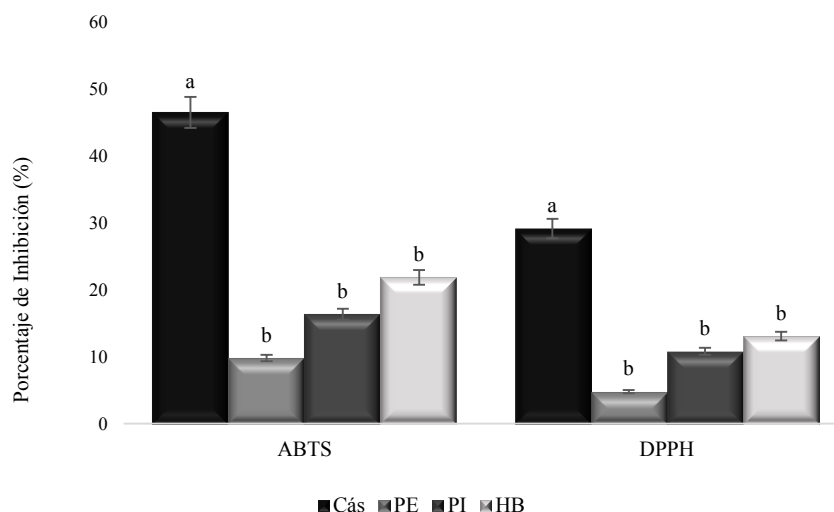
PE: Harina de pulpa externa de berenjena.

PS: Peso seco.

5.4.5.6 Contenido de fenoles totales (CFT)

Santas *et al.* (2008) y Bahorun *et al.* (2004) reportan que existe una buena correlación entre el contenido de fenoles total y la capacidad antioxidante, los resultados de esta investigación confirma dicha correlación, teniendo el mismo comportamiento Cás > HB > PI > PE. La tabla 12 muestra los resultados para el CFT siendo el mayor la harina Cás (12,790.28 mg de ácido Clorigénico / kg de harina) y el menor la harina PE (3,290.28 mg de ácido Clorigénico / kg de harina). Se informaron datos similares (Raigón *et al.*, 2008) en el jugo de 31 variedades de berenjenas (variedades comerciales, variedades locales e híbridos entre las variedades locales) que estaban en el rango de 5,450 a 10,480 (mg de ácido Clorigénico / kg de muestra).

Gráfica 3. Porcentaje de inhibición de las harinas.



Harinas de berenjena (HB), harina de cáscara de berenjena (Cás), harina de pulpa interna de berenjena (PI) y harina de pulpa externa de berenjena (PE). Los valores son el promedio de tres réplicas \pm desviaciones estándar de tres lotes diferentes. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 12. Contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides

Muestras	CFT ¹ (mgCAE/kg harina PS)	CF ² (mgCat/kg harina PS)
Cás	12,790.28 ± 645 ^a	22,555.56 ± 4,631 ^a
PE	3,290.28 ± 283 ^c	4,944.44 ± 509 ^c
PI	6,776.39 ± 618 ^b	17,500 ± 1000 ^b
HB	8,026.39 ± 850 ^b	16,166.67 ± 881 ^b

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

mgCAE= miligramos equivalentes de ácido Clorogénico

mgCatE = miligramos equivalentes de catequinas

¹CFT: Contenido de fenoles totales

²CF: Contenido de flavonoides

HB: Harina de berenjena.

Cás: Harina de cáscara de berenjena.

PI: Harina de pulpa interna de berenjena.

PE: Harina de pulpa externa de berenjena.

PS: Peso seco.

Se encontró que la berenjena muestra una importante variación intraespecífica de los rasgos de composición estudiados, en algunos casos existen diferencias considerables entre los tipos de variedades. Niño-Medina *et al.* (2017) informan resultados similares en berenjenas de diferentes variedades (china, filipina, estadounidense, hindú y tailandesa) liofilizadas, el contenido de fenoles totales varió de 15,120 a 20,490 (mg de ácido clorogénico / kg de muestra). Los resultados obtenidos en este estudio fueron mayores que los resultados obtenidos por Nisha *et al.* (2009) en diferentes variedades de berenjenas fresca, reportaron un contenido entre 490 y 1,070 (mg de equivalentes de ácido gálico / kg de muestra) y 570 a 650 (mg de ácido clorogénico / kg de muestra) para las variedades Black Beauty y Violetta Lunga (Ninfalli *et al.*, 2009).

5.4.5.7 Contenido total de flavonoides (CF)

El CF se muestra en la Tabla 12, se encontró una diferencia significativa ($P < 0.05$) entre de las diferentes harinas, la muestra de PE (4,944.44 mg Cat/kg harina) muestra el menor contenido de flavonoides frente a las demás muestras. Uthumporn *et al.* (2016) reporta un contenido de flavonoides en un rango entre 9,090 y 29,180 mg de catequina equivalente / kg y Ninfalli *et al.* (2009) reporta un contenido entre 257 y 284 mg de equivalentes de ácido cafeico / kg de berenjena frescas (Black Beauty y Violetta Lunga).

5.5 CONCLUSIONES

Los pretratamientos y el método de secado de la berenjena influyen en su desempeño en las propiedades funcionales, así como en las propiedades cromatológicas, el contenido de compuestos fenólicos y su capacidad antioxidantes.

El tratamiento T4 de la harina de berenjena muestra las propiedades cromatológicas más cercanas a la harina de trigo y su contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante no se ve afectada como en los demás tratamientos.

La harina de quinua y la harina de berenjena (T4) obtuvieron los mejores valores en las propiedades funcionales, lo que se confirma con el análisis bromatológico en donde estas tienen valores proteína, fibra y carbohidratos similares.

La harina de berenjena tiene mayor contenido de fenoles totales (mg de ácido clorogénico / kg de muestra) que la harina de quinua, así como también una mayor capacidad antioxidante.

Se determinó que el porcentaje de las partes de la berenjena sigue el orden ascendente Cás (11%) < PE (40%) < PI (48%). La cáscara de la berenjena contiene más del 50 % de FDT, siendo en su mayoría FDI (44.24%), de su peso total.

La fracción con mejor desempeño en las propiedades funcionales fue la cáscara de berenjena seguida de la PI, PE y HB. De otro modo, la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos siguen el orden Cás, HB, PI y PE.

La harina Cás puede ser utilizada como ingrediente funcional ya que posee un gran contenido de fibra dietética y de compuestos fenólicos. Esta puede ser incorporada en alimentos procesados en las que sus tonalidades oscuras no afecten la apariencia como tal.

Después de analizar la berenjena en sus fracciones se decide continuar con el uso de la berenjena completa, de este modo se aprovechan todas las características que proporcionan las fracciones de manera individual.

VI. CAPITULO 2

Diseño, elaboración y evaluación de un modelo cárnico (Salchicha Tipo Frankfurt) con la adición de harina quinua y harina de berenjena.

6.1 OBJETIVOS

6.1.1 Objetivos General

Diseñar, elaborar y evaluar de un modelo cárnico (Salchicha Tipo Frankfurt) con la adición de harina quinúa y harina de berenjena.

6.1.2 Objetivos Especificos

1. Diseñar una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena
2. Elaborar una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena
3. Evaluar mediante análisis sensoriales las Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena
4. Determinar los parámetros químicos y cromáticos de una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena
5. Determinar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de una Salchicha tipo Frankfurt con la adicción de harina de quinua y harina de berenjena

6.2 ANTECEDENTES

6.2.1 Generalidades de la carne

Según la Norma de Oficial Mexicana (NOM-009-ZOO-1994), se define como carne a la estructura muscular estriada esquelética, acompañada o no de tejido conectivo, hueso y grasa, además de fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos; proveniente de los animales para abasto, que no ha sido sometida a ningún proceso que modifique de modo irreversible sus características sensoriales y fisicoquímicas; se incluyen las refrigeradas o congeladas. Desde el punto de vista nutricional la carne es una fuente habitual de proteínas, grasas y minerales en la dieta humana, de todos los alimentos que se obtienen de los animales y plantas, la carne es el que mayores valoraciones y apreciaciones alcanza en los mercados, y también es uno de los alimentos más evitados y que más polémicas suscita. La mayor parte del consumo de carne de los seres humanos proviene de mamíferos; las especies de abasto básicas para el consumo son el ganado ovino, bovino, porcino y las aves de corral, mientras que las especies complementarias son el ganado caprino, equino y la caza (mayor y menor).

6.2.2 Generalidades de la productos cárnicos.

En general, se conoce como embutidos o productos cárnicos procesados aquellos alimentos que son elaborados a partir de carne, vísceras, estructuras anatómicas, sangre o sus mezclas, provenientes de mamíferos o aves, que pueden someterse a ahumado, cocción, curación, desecación, maduración, salado, entre otros (NOM-213-SSA-2002).

Según la Norma Mexicana (NOM-213-SSA-2002, los embutidos se pueden clasificar en:

- a. Productos cárnicos cocidos, a los elaborados con carne, vísceras, sangre o sus mezclas, curados o no, que son sometidos a proceso térmico. Pueden presentarse enteros, en cortes, emulsionados o troceados.

- b. Productos cárnicos crudos, a los elaborados con carne, vísceras o sus mezclas, que pueden ser o no curados o madurados, y que no son sometidos a algún tratamiento térmico.
- c. Productos cárnicos curados, a los que se agregan por vía húmeda o seca, sal o azúcares, nitratos o nitritos, independientemente de que sean sometidos a algún tratamiento térmico, a maduración o se manejen crudos.
- d. Productos cárnicos desecados, secos o salados, a los sometidos a reducción de la humedad por medio de aire, calor o sal hasta llegar a un valor no mayor de 25%.
- e. Productos cárnicos empanados o rebozados congelados, a los elaborados con carne molida o picada o en piezas, con adición o no de tejido graso, subproductos y aditivos, que pueden recibir un tratamiento térmico durante su elaboración, pero que necesitan ser cocinados para consumirlos.
- f. Productos cárnicos fritos, a los elaborados a partir de carne o piel y que son sometidos a freído en aceite o grasa, con o sin sal, curados o no.
- g. Productos cárnicos madurados, a los que son sometidos a deshidratación parcial, pudiendo ser ahumados o no, sometidos durante cierto tiempo a la acción de cultivos microbianos o enzimas o microorganismos propios de la carne y su acción sobre azúcares añadidos o no. Pueden ser en cortes enteros o troceados.
- h. Productos cárnicos marinados o en salmuera, a los adicionados de sal u otros aditivos por vía seca o húmeda, excepto nitratos o nitritos, pudiendo ser cocidos o no.

6.2.3 Los productos cárnicos y las enfermedades cardiovasculares

Los productos cárnicos forman una fuente de importante de proteínas y de nutrientes esenciales como el hierro, zinc y vitamina B12. En cambio, un sector de la población los percibe como alimentos que provocan un detrimento a la salud. Estudios recientes han asociado su consumo con la aparición de enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, sobrepeso y obesidad (Arihara, 2006; Toldra y Reig, 2011; Gonzales *et al.*, 2014). Por consiguiente, la industria cárnica ha

introducido diversas estrategias para mejorar las propiedades nutricionales mediante la reducción del contenido de las sustancias poco saludables y la promoción de la presencia de otras sustancias con buenos beneficios para la salud, obteniendo productos cárnicos funcionales.

6.2.4 Productos cárnicos como alimentos funcionales

Los cárnicos pueden ser enriquecidos con fibras, omega-3, antioxidantes de origen natural, entre otros ingredientes que hacen de los embutidos productos más funcionales.

6.2.4.1 Fibra como ingrediente de embutidos: Las fibras mejoran la capacidad de retención de agua de los embutidos y su textura como consecuencia se obtiene un producto con mejores características y percepción sensorial por parte de los consumidores, otro efecto positivo de esta es la mejora de la capacidad oxidativa cuando se asocian con antioxidantes fenólicos. Numerosos estudios indican que el fortalecer los productos cárnicos con fibra puede tener muchos beneficios para la salud (Decker y Park, 2010).

6.2.4.2 Los antioxidantes como ingrediente de embutidos: Los Antioxidantes son ingredientes útiles para retardar la oxidación lipídica en carne molida cruda o los embutidos que contienen niveles altos de grasa y que pueden disminuir su calidad por factores como el aire, temperatura, humo, luz e iones de metal (De la Vega y López, 2012).

6.3 MATERIAL Y MÉTODO

6.3.1 Diseño y/o formulación

Se utilizó la harina de quinúa (HQ) y la harina de berenjena (HB) en sustitución parcial del contenido cárnico de una fórmula base (Tabla 13) proporcionada en el “Meat Processing Short Course” en Kansas State University Agricultural Experiment.

Tabla 13. Formulación base de Salchicha tipo Frankfurt

Descripción	Porcentaje (%)
Mezcla cárnica ¹	72.83
Proteína vegetal	3.5
Agua	18
Sales	2
Conservadores	0.62
Condimentos	3.05

¹ Mezcla de carne de cerdo y carne de res.

Las harinas fueron utilizadas en 5 niveles experimentales, se utilizó un diseño experimental factorial completo para la realización de los preensayos. La Tabla 14 muestra las combinaciones de los factores HQ y HB a los niveles 0%, 2%, 3%, 5%, 9%. Las formulaciones fueron probadas con algunas variaciones de condimentos hasta encontrar el porcentaje adecuado que pudiese enmascarar el sabor de ambas harinas.

Tabla 14. Tratamientos de las salchichas tipo Frankfurt.

Tratamientos	Porcentaje de adición (%)	HB	HQ
HB2	2	+	-
HQ2	2	-	+
Combinación HBHQ2	2	+	+
HB3	3	+	-
HQ3	3	-	+
Combinación HBHQ3	3	+	+
HB5	5	+	-
HQ5	5	-	+
Combinación HBHQ5	5	+	+
HB9	9	+	-
HQ9	9	-	+
Combinación HBHQ9	9	+	+
CONTROL	0	-	-

(+)harina presente en el tratamiento. (-) Ausente en el tratamiento

Se realizó una prueba para ver la influencia que tenían las harinas HQ y HB en la capacidad de retención de agua de las formulaciones cárnica. Ha estas formulas se les determinó el contenido de humedad (método AOAC 925.15), aW (equipo aqualab), pH (AOAC, 2006), Parámetros cromáticos (color Hunterlab) y capacidad antioxidante.

6.3.2 Proceso de elaboración del producto cárnico (Salchicha Tipo Frankfurt).

6.3.2.1 Proceso de elaboración (Mendoza, 2004)

6.3.2.1.1 Preparación de la materia prima: se adquirió carne (90/10) de primera calidad, se determinó el contenido de grasa de las carnes (res y cerdo) y se realizó una proporción grasa carne magra como se especifica en la formula base, siendo esta el control. Los ingredientes (cárnicos, proteínas, conservadores, sales, condimentos, harinas y agua) fueron pesados en una balanza digital (1,500 g; d=0.1g).

6.3.2.1.2 Mezclado: el orden de adición al cutter fue cárnicos, fosfatos, sales, conservantes, agua, extensores-proteína, harinas, almidones, agua, condimentos. La mezcla mantuvo una temperatura por debajo de los 8°C. al producto resultante se le llamo “pasta cárnica”. Se calculó el rendimiento de la pasta con la formula:

6.3.2.1.3 Embutido: se utilizó una embutidora manual de 10 kilogramos. Las tripas utilizadas fueron tripas sintéticas semipermeables, es decir, permitían la salida y entrada de calor del producto. Se embutieron las salchichas con un peso en un rango de 16 a 20 gramos aprox.

6.3.2.1.4 Cocción: la cocción se llevo acabo en un horno tradicional de caja con una flama de gas en la parte inferior. Las salchichas se colocaron en la parte de superior del horno. La temperatura de cocción del horno estuvo en un rango entre 80 a 90°C. Las salchichas se mantuvieron en cocción hasta alcanzar una temperatura de centro pieza de 72 °C, esta fue alcanzada en un tiempo de 40 minutos aproximadamente. Se calculó el rendimiento de la cocción:

$$\text{Rendimiento cocción} = \left(\frac{PT}{PC} \right) * 100$$

En donde,

PT= peso producto terminado

PC= peso pasta cárnica

De igual forma se calculó la merma de la cocción con la siguiente fórmula:

$$\text{MERMA cocción} = \left(\frac{PC - PT}{PC} \right) * 100$$

En donde,

PT= peso producto terminado

PC= peso pasta cárnica

6.3.3 Evaluación sensorial

Un grupo de 30 panelistas semientrenados (edad 20 a 30 años) evaluaron las características de las salchichas mediante una prueba de grado de satisfacción. Se evaluaron las características de textura (mordida), color y sabor mediante una escala hedónica con 5 niveles que incluye de “me disgusta mucho” a “me gusta mucho”.

6.3.4 Determinación de la composición proximal y capacidad antioxidante.

Se realizó como se describe en la metodología del capítulo 1

6.3.5 Extracción de compuestos antioxidante

Se mezcló 25 gramos de salchicha con 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitado, se tapó con papel film. La mezcla se dejó hervir por 20 minutos, inmediatamente se enfrió y se filtró (papel filtro Whatman nº 4). El extracto se colocó en frasco de color ámbar y se procedió a su uso inmediatamente.

6.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.4.1 Formulación y proceso de elaboración

Las formulaciones de la Tabla 14 se realizaron en 3 prueba. En la primera prueba se formularon las salchichas con harina de berenjena en sus 5 niveles, en la segunda las salchichas con harina de quinua (en los 5 niveles), y por último en la tercera prueba se elaboraron las salchichas con las combinaciones de las harinas de quinua y berenjena en los 5 niveles de adición. La berenjena es una hortaliza con un gran contenido de fibra dietética que en su mayoría es fibra dietética insoluble. La fibra insoluble o poco soluble se caracteriza por retener el agua en su matriz estructural y formar una mezcla con baja viscosidad (Escudero y González, 2006), esta propiedad no resultó favorable en la elaboración de la salchicha. El tamaño de partícula de la harina de berenjena puede influyó en la capacidad de retención de agua de la matriz cárnica, provocando sinéresis en el producto cárnico final; para reducir el efecto de la fibra insoluble de la harina de berenjena (HB) en la matriz cárnica se redujo el tamaño de la partícula a 180 μm .

Las salchichas de la 1^{ra} prueba presentaron diferencias ($p < 0.05$) en el rendimiento de cocción (Tabla 15), siguiendo el orden HB2, CHB > HB3 > HB5 > HB9. Se observó algunas diferencias en la merma de cocción, siendo diferentes la salchicha HB9, frente a las salchichas CHB, HB2, HB3 y HB5. No se encontró diferencias ($p > 0.05$) en el rendimiento y merma de cocción de las salchichas de la 2^{da} prueba. Por otro lado, la salchicha elaborada con la combinación HBHQ9 presentó el porcentaje (%) más alto en la merma de cocción y el más bajos para el rendimiento de cocción, siendo diferente ($p < 0.05$) a las combinaciones CHBHQ, HBHQ2, HBHQ3 y HBHQ5. En general, en todas las pruebas las salchichas con los niveles de adición 2 % y 3 % fueron las que más se acercaron a los valores obtenidos por sus respectivos controles. Durante el proceso de elaboración se observó que las salchichas formuladas con HB presentaron un volumen mayor a las formuladas con HQ de manera que se obtuvo una mayor producción de unidades salchichas.

Tabla 15. Porcentaje de rendimiento y merma de cocción de las salchichas.

	MUESTRA	RC¹ (%)	MC² (%)
Prueba 1	CHB	98.11 ± 0.25 ^b	1.89 ± 0.25 ^a
	HB2	98.43 ± 0.17 ^a	1.57 ± 0.17 ^a
	HB3	97.48 ± 0.2 ^c	2.52 ± 0.2 ^b
	HB5	97.43 ± 0.07 ^c	2.57 ± 0.07 ^b
	HB9	96.18 ± 0.16 ^d	3.82 ± 0.16 ^c
Prueba 2	CHQ	98.47 ± 0.18	1.53 ± 0.18
	HQ2	98.48 ± 0.05	1.52 ± 0.05
	HQ3	98.45 ± 0.09	1.55 ± 0.09
	HQ5	98.43 ± 0.12	1.57 ± 0.12
	HQ9	98.52 ± 0.07	1.48 ± 0.07
Prueba 3	CHBQ	98.37 ± 0.09 ^a	1.63 ± 0.09 ^a
	HBQ2	98.34 ± 0.04 ^a	1.66 ± 0.04 ^a
	HBQ3	97.40 ± 0.08 ^b	2.60 ± 0.08 ^b
	HBQ5	95.07 ± 0.14 ^c	4.93 ± 0.14 ^c
	HBQ9	92.65 ± 0.11 ^d	7.35 ± 0.14 ^d

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna, misma prueba, son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

RC¹: Rendimiento de cocción.

MC²: Merma de cocción.

6.4.2 Actividad de agua (aw) y pH de las salchichas

Se observó un comportamiento similar en las tres pruebas de elaboración de las salchichas con respecto a la actividad de agua (Tabla 16). Los resultados de las salchichas HB5 y HB9 difieren significativamente de las salchichas CHB, HB2 y HB3, el mismo comportamiento fue observado en la 2^{da} y 3^{ra} prueba, correspondiente a las salchichas adicionadas con harina de quinua (HQ) y las mezclas de harina de berenjena (HB) y harina de quinua (HQ). Este hallazgo es consistente con el hecho de que, a mayor porcentaje de adición de las harinas, mayor es la capacidad de atrapamiento de agua de la matriz cárnica; en efecto se obtiene una mayor actividad de agua en las salchichas. Apaza *et al.* (2017), estudiaron la inclusión de albúmina, goma de tara y proteína de soya en una salchicha elaborada a partir de carne de llama, encontrando resultados de Aw (0.979 - 0.981) semejantes a los de esta investigación. Por otro lado, Ramos *et al.* (2014) reportaron resultados en un amplio rango de 0.95 a 0.98, los autores evaluaron 16 lotes de salchichas de cerdo de Tumbes, una región de Perú, sin adicción de harinas ni proteínas. En cuanto al pH de las salchichas (Tabla 16), se observó que los valores se encuentran en el rango de 6.32 a 6.36, estos valores son mayores a los encontrados por Jiménez-Colmenero *et al.* (2010) y Ramos *et al.* (2014), quienes obtuvieron resultados en rango de 5.94 a 6.11 y 4.94 - 6.29, respectivamente, ambos autores trabajaron con carne de cerdo. El aumento de los valores de pH en las formulaciones de esta investigación puede deberse a la adición de fosfatos al modelo cárnico, debido a que aumentan de un 0.05 a 0.3 unidades de pH en productos cárnicos cocidos y de un 0.1 a 0.7 unidades de pH en productos cárnicos crudos (Trout y Schmidt, 1983), por consiguiente, su adicción aumenta la capacidad de retención de agua de los modelos cárnicos.

Tabla 16. Actividad de agua (A_w) y pH de las salchichas.

	Muestra	A_w^1	pH
Prueba 1	CHB	0.9747 ^a	6.34
	HB2	0.9758 ^a	6.35
	HB3	0.9759 ^a	6.36
	HB5	0.9825 ^b	6.35
	HB9	0.9844 ^b	6.36
Prueba 2	CHQ	0.9740 ^a	6.34
	HQ2	0.9731 ^a	6.37
	HQ3	0.9724 ^a	6.34
	HQ5	0.9831 ^b	6.35
	HQ9	0.9815 ^b	6.36
Prueba 3	CHBQ	0.9726 ^a	6.32
	HBQ2	0.9737 ^a	6.37
	HBQ3	0.9727 ^a	6.35
	HBQ5	0.9825 ^b	6.35
	HBQ9	0.9819 ^b	6.36

Los valores son el promedio de tres repeticiones \pm desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna, misma prueba, son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

A_w^1 : Actividad de agua.

6.4.3 Parámetro cromáticos

Los valores de las coordenadas de color (L , a^* y b^*) de las salchichas adicionadas con HB, HQ y las combinaciones de HB y HQ, así como los parámetros de saturación (Chroma), tono (H°) y su diferencia (ΔE), respecto al control, se muestran en la Tabla 17. Las salchichas adicionadas con harina de berenjena presentan valores de luminosidad (L) bajos frente a las salchichas con HQ, se observó que la harina HQ (86.59) al ser incluida en la matriz cárnica tuvo una mayor reducción de su valor L respecto a la adicionada con HB (64.6), los resultados de color de las harinas se encuentran en el capítulo 1 (Tabla 2 y Tabla 3). Durante el proceso de cocción de las salchichas se realizaron cambios de la temperatura del horno para desarrollar la

sensación de costra (aspecto sensorial fundamental en una salchicha tipo Frankfurt), en el inicio se llevo a cabo una cocción lenta (a baja temperatura) y luego se aumentó la temperatura, estas condiciones pudieron dar pie a la reacción oscurecimiento no enzimático de los carbohidratos, lo que resulta en una gama de color que va de un ligero amarillo a un café oscuro (Badui, 2013). Respecto a los parámetros a^* y b^* , las salchichas se encontraron en los rangos 10.32 a 14.49 y 17.65 a 19.4, respectivamente. Warris *et al.* (1990) demostraron que existe una correlación entre el parámetro a^* con el contenido de hierro y la presencia de pigmentos hemo en la carne, a mayor contenido de hierro y pigmentos hemo mayor es el parámetro a^* . Por otro lado, el valor b^* viene dado por las características de la grasa que contiene la carne (Ventanas, 2006) y se relaciona con el contenido de nitrosomioglobina oxidada, este pigmento ayuda a las coloraciones amarillas de la carne (Skibsted, 1992). En cuanto a los valores intensidad (Chroma) y tono (H°), se observó que la salchicha adicionada con HQ a un 9% presentó el valor mas alto de Chroma, así mismo fue la que tuvo una mayor luminosidad. El parámetro de diferencia de matiz (H°), fue mucho menor para las formulaciones con HQ que para las que contenían HB. Las salchichas adicionadas frente a sus controles presentan una diferencia de color que va de 6.93 a 14.24 (salchichas HB), 2.17 a 6.34 (salchichas HQ) y 5.22 a 6.55 (salchichas HBQ). Finalmente, se demostró que existe una diferencia de color (ΔE) mucho menor entre las salchichas adicionadas con HQ frente a el control que en las salchichas HB, esto se debe al color que proporcionan las harinas; la harina HB tiene un color con una tendencia marrón mientras que la HQ presenta tendencias amarillo pálido. Los resultados de la ΔE siguen el orden HB2 > HB3 > HB5 > HB9 (1^{ra} prueba), HQ3 > HQ5 > HQ2 > HQ9 (2^{da} prueba) y HBQ2 > HBQ3 > HBQ5 > HBQ9 (3^{ra} prueba).

Tabla 17. Parámetros cromáticos de las formulaciones de salchicha tipo Frankfurt.

	MUESTRA	<i>L</i>	<i>a</i> *	<i>b</i> *	ΔE^1	<i>C</i> * ²	<i>H</i> ³	View
Prueba 1	HB2	39.74 ^a	11.27 ^d	18.38 ^a	6.93 ^a	1.50 ^b	83.87	
	HB3	37.01 ^b	11.87 ^c	18.14 ^b	9.61 ^b	1.46 ^c	58.70	
	HB5	35.5 ^c	12.01 ^b	18.01 ^c	11.10 ^c	1.44 ^d	51.22	
	HB9	32.43 ^d	13.12 ^a	17.65 ^d	14.24 ^d	2.15 ^a	20.71	
Prueba 2	HQ2	43.1 ^d	10.32 ^d	17.65 ^d	3.58 ^c	1.10 ^c	-43.89	
	HQ3	44.82 ^c	11.75 ^c	18.1 ^c	2.17 ^a	1.37 ^c	62.13	
	HQ5	45.49 ^b	12.43 ^b	18.98 ^b	2.67 ^b	2.47 ^b	57.73	
	HQ9	49.87 ^a	15.87 ^a	19.4 ^a	6.34 ^d	5.38 ^a	27.80	
Prueba 3	HBQ2	41.32 ^a	10.79 ^d	18.15 ^d	5.12 ^a	1.17 ^c	-74.6	
	HBQ3	40.81 ^b	11.81 ^c	18.21 ^c	5.71 ^b	1.40 ^{bc}	60.36	
	HBQ5	40.45 ^c	12.22 ^b	18.45 ^b	6.30 ^c	1.95 ^b	55.33	
	HBQ9	40.05 ^d	14.45 ^a	18.55 ^a	6.65 ^d	3.61 ^a	25.82	

Los valores son el promedio de tres repeticiones \pm desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna, misma prueba, son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹ ΔE : Diferencia de color

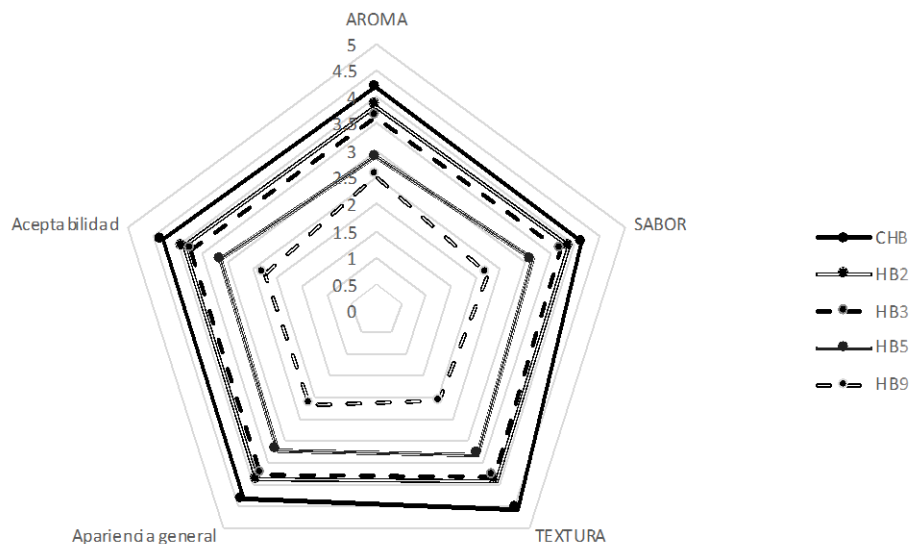
²*C**: Croma.

³*H*: Hue .

6.4.4 Evaluación sensorial

El análisis sensorial de las salchichas adicionadas con HB obtuvo un puntaje promedio de 3.25 de un total de 5, lo que representa el concepto "Me gusta ligeramente". El mismo comportamiento se observó en los atributos de aceptabilidad, sabor, textura y apariencia general. En la gráfica 4, podemos observar que la muestra que más se acerca a los valores de los atributos de la salchicha control es la muestra HB2, seguida por las muestras HB3, HB5 y HB9. Ahora bien, con los resultados del atributo textura de la evaluación sensorial de las salchichas HB se encontró que a mayor porcentaje de adición mayor fue el desagrado por parte de los panelistas. Así mismo, se reflejó esta tendencia en los demás atributos sensoriales en donde a mayor cantidad de adición de la harina HB menor fue el grado de aceptación de los panelistas, a pesar de esta tendencia, los valores del atributo sabor de las salchichas HB fue el que más se acerca a los valores de los atributos de la salchicha control, en este caso, el sabor de las

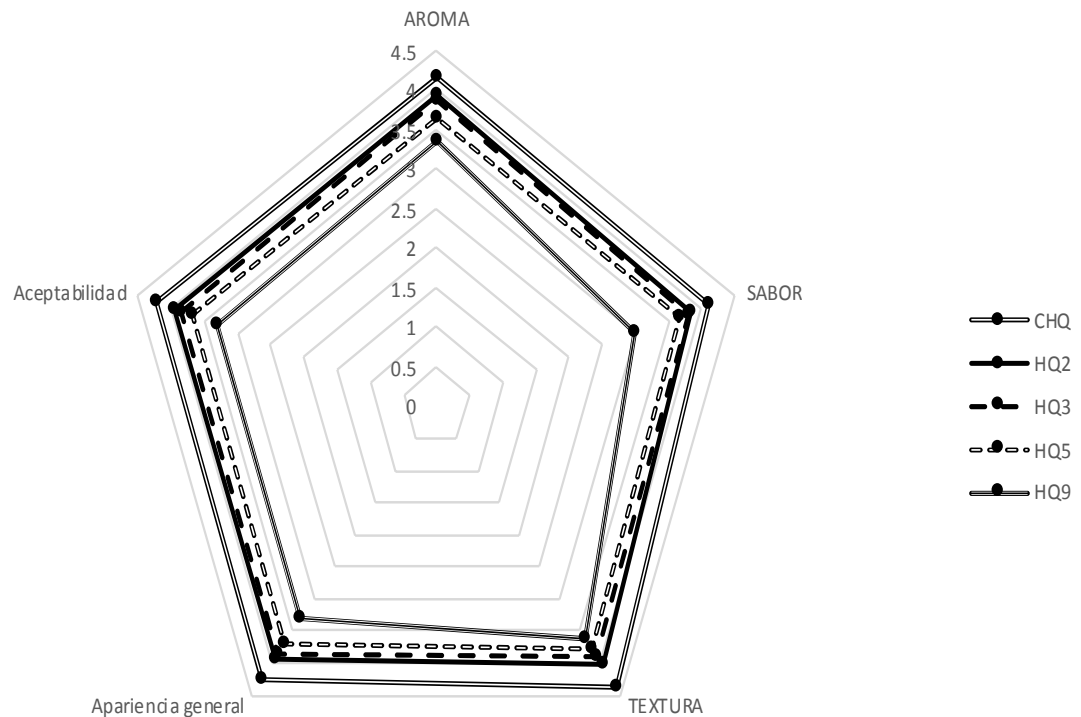
Gráfica 4. Características sensoriales y aceptabilidad general de las formulaciones de Salchichas con HB.



Los valores son el promedio de tres réplicas \pm desviaciones estándar de tres lotes diferentes.

salchichas HB no provoca desagrado en los panelistas. Por otro lado, las salchichas adicionadas con HQ obtuvieron una valoración promedio de 3.8, de un total de 5, en el atributo textura (Gráfica 5), superando las salchichas HB por 0.56 puntos. No obstante, las salchichas HQ obtuvieron un puntaje menor en el atributo sabor que las salchichas HB, la quinua aportó un sabor ligeramente amargo a la salchicha. La valoración de los atributos de apariencia general, aroma y aceptabilidad estuvo en 3.7, de un total 5, en promedio lo que representa el concepto "Me gusta ligeramente". Al igual que en la salchicha HB, las salchichas HQ presentaron la misma tendencia de que a mayor porcentaje de adición menor fue el puntaje de valoración por parte de los panelistas. En cuanto a las salchichas de la 3^{ra} prueba, las combinaciones de las harinas HB y HQ obtuvieron el puntaje más bajo frente a las demás salchichas, los panelistas describieron a las salchichas como “el sabor es fuerte y el amargo se resalta más” “tiene una ligera

Gráfica 5. Características sensoriales y aceptabilidad general de las formulaciones de Salchichas con HQ.

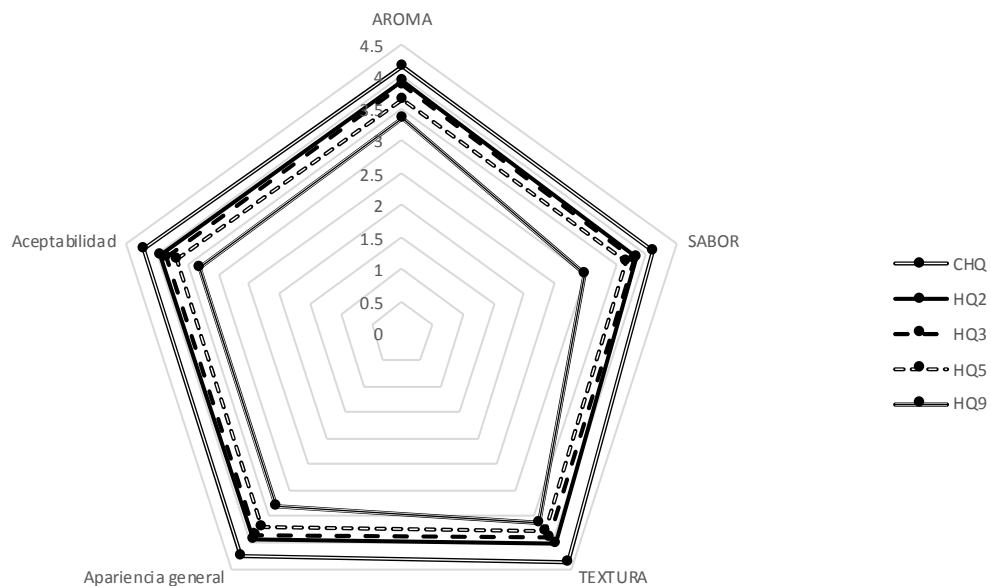


Los valores son el promedio de tres réplicas \pm desviaciones estándar de tres lotes diferentes.

sensación de picor”, entre otros comentarios. En la gráfica 6, podemos observar que los atributos aroman y sabor son los que más se alejan a los valores de la salchicha control, y que la textura fue el atributo que mas se acerca al control. En general, el análisis de los atributos sensoriales de los panelistas tuvo una preferencia por las salchichas mayor al 50 %, inclinándose por las salchichas HB2, HQ2 y HBQ2. El orden de preferencia de los panelistas sigue el orden, para la prueba 1^{ra}, HB2 > HB3 > HB5 > HB9, la 2^{da} prueba, HQ2 > HQ3 > HQ5 > HQ9 y, la 3^{ra} prueba, HBQ2 > HBQ3 > HBQ5 > HBQ9.

A partir de los resultados preliminares de las salchichas adicionadas con harinas HQ, harina de HB y sus combinaciones en sus diferentes niveles (2 %, 3 %, 5 % y 9 %) se considerarán para las siguientes pruebas los niveles de adición 2 % y 3% para la harina HB y los niveles 3 % y 5 % para la harina de HQ, con las nominaciones HB1 (2 %), HB2 (3%), HQ1 (3%) Y HQ2 (5%). Las combinaciones de las harinas (en todos los niveles) y los niveles 5 % y 9 % (harina HB) y los niveles 2 % y 9 % (harina HQ) no serán considerados en los análisis posteriores.

Gráfica 6. Características sensoriales y aceptabilidad general de las formulaciones de Salchichas con HBQ.



Los valores son el promedio de tres réplicas ± desviaciones estándar de tres lotes diferentes.

6.4.5 Prueba de retención de humedad de las salchichas- Prueba de Fosfatos

Con el fin de determinar la capacidad de retención de agua de las harinas en la matriz cárnica, se realizó una prueba con y sin adición de fosfatos. Se midieron los parámetros cromáticos y su capacidad antioxidante por DPPH y ABTS, y el A_w tanto a la pasta cárnica como a las salchichas, aunado a esto, se registró el contenido de humedad de la pasta cárnica y de las salchichas el día 1 y el día 5 de almacenamiento en refrigeración.

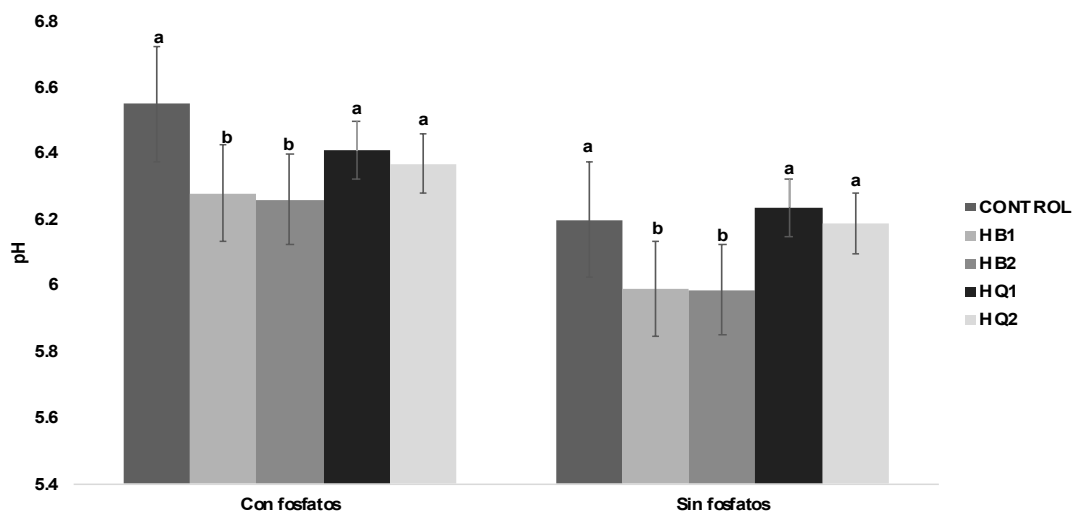
El rango de pH para las pastas sin fosfato y con fosfatos fue de 5.78 a 6.03 y 6.27 a 6.46 respectivamente, siendo diferente significativamente entre ellas. En la gráfica 7, se muestra los resultados de pH para de las salchichas con/sin fosfato. El rango de pH para las salchichas sin fosfato fue de 5.99 a 6.24 y 6.26 a 6.63, respectivamente, los resultados del pH presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre sí.

Las formulaciones adicionadas con fosfatos presentan un pH mayor a las fórmulas que no lo contienen, ya que uno de los efectos positivos de la adición de fosfatos a los embutidos es el aumento de los valores de pH, por consiguiente, influye de manera positiva en la propiedad de retención de agua (CRA) de la carne; un pH lejano al punto isoeléctrico (5 a 5.5) de las proteínas aumenta la capacidad de retención de agua de la carne. En los productos cárnicos es importante controlar la relación pH y CRA debido a que la capacidad de retención de agua es responsable de mantener el contenido de humedad y la jugosidad que caracteriza a la carne; si no existe una buena capacidad de retención de agua en la matriz cárnica el producto final presentará algunos defectos de calidad como sinéresis o desprendimiento de agua dado por la desnaturalización por calor aumenta la pérdida de agua (Rengifo y Ordóñez, 2012). Aunado a la medición de los valores de pH se observó el comportamiento del contenido de humedad de las salchichas el día 1 y el día 5, al igual que el contenido de humedad de las pastas, con el objetivo de estudiar la pérdida de agua por almacenamiento. El contenido de humedad (%) de las pastas cárnicas se muestra en la gráfica 8, los resultados para las formulaciones con fosfatos siguen el orden ascendente HQ1 > HQ 2 > HB1 > HB2 > Control, y para las formulaciones sin adicionadas de fosfatos sigue el orden descendiente Control > HB2 > HB1 > HQ1 >

HQ2, las harinas presentan un comportamiento similar en las formulaciones con fosfatos, a mayor nivel de adición mayor es el contenido de humedad en la matriz cárnica, sin embargo, en las formulaciones sin fosfatos las salchichas con HQ presenta un comportamiento opuesto, a mayor contenido de harina menor es el contenido de humedad de la pasta. En general, la pasta cárnica presentó un contenido de humedad mayor al 62 % en todas las formulaciones.

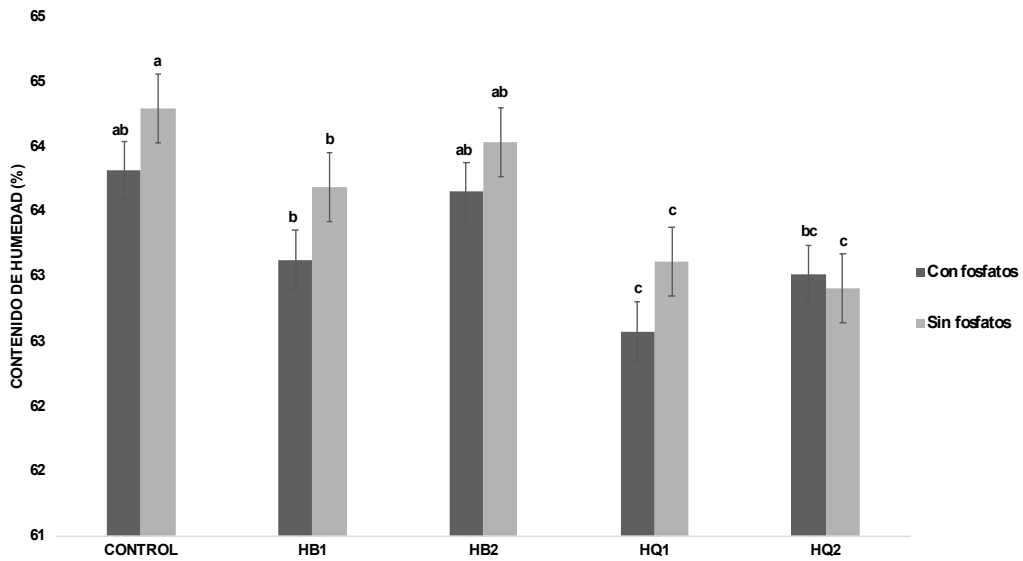
Por otra parte, los resultados para las salchichas con (SCF) y sin (SSF) adición de fosfatos, presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) en el día 1. Durante el proceso de cocción las salchichas con harina de quinua (HQ1 y HQ2) sin fosfatos, demostraron una pérdida de agua menor a las salchichas con harina de berenjena (HB1 y HB2), sin embargo, este comportamiento no se mantuvo para las salchichas con fosfatos. Respecto a la relación porcentaje de adición y contenido de humedad, los resultados de las salchichas con HB son congruentes a los presentados en la gráfica 9, se mantiene la relación -a mayor nivel de adición mayor es el contenido de humedad en la matriz cárnica-, muy al contrario, las salchichas con HQ se reflejan una relación inversa, este comportamiento se dio desde el día 1 y el 5 día de almacenaje (Gráfica 10).

Gráfica 7. pH de la matriz cárnica con o sin adición de fosfatos.



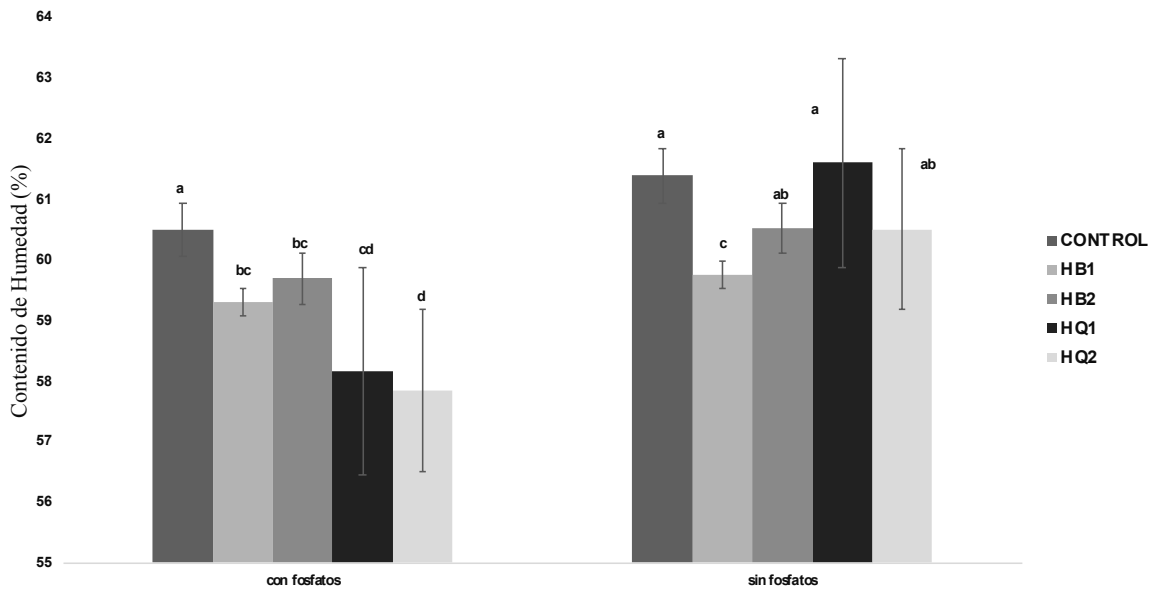
Los valores son el promedio de tres réplicas. Con fosfatos; Sin fosfato. Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores etiquetados con una letra diferente en las barras de las muestras con fosfatos o sin fosfatos son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Gráfica 8. Contenido de humedad de la pasta cárnica con o sin adición de fosfatos.



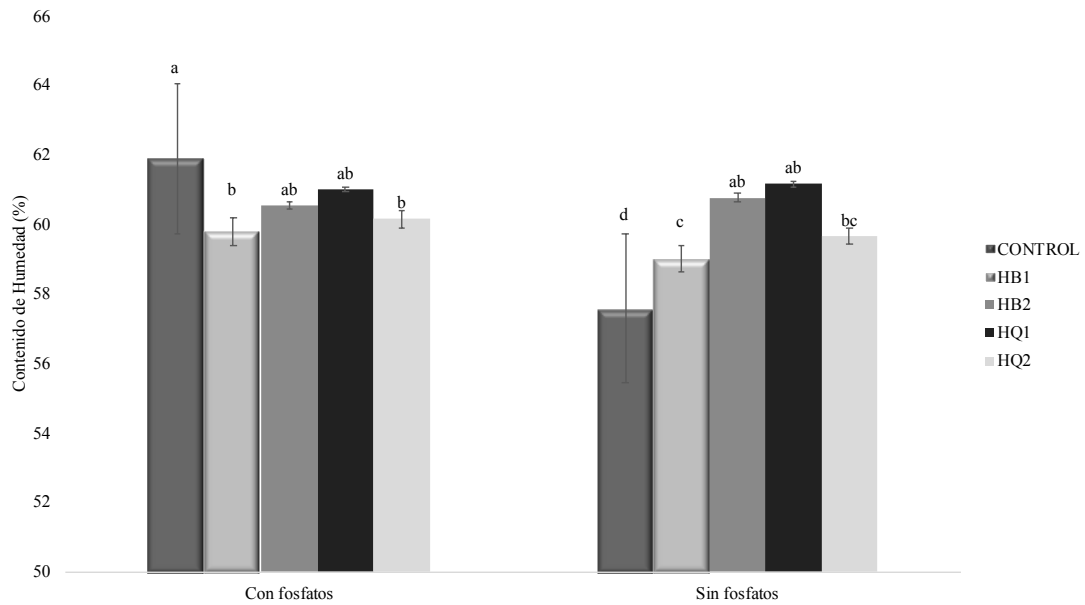
Pasta con fosfatos y/o Sin fosfato. Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores etiquetados con una letra diferente en las barras de las muestras con fosfatos o sin fosfatos son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Gráfica 9. Contenido de humedad de la salchicha con o sin adición de fosfatos en el día 0.



Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores etiquetados con una letra diferente en las barras de las muestras con fosfatos o sin fosfatos son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

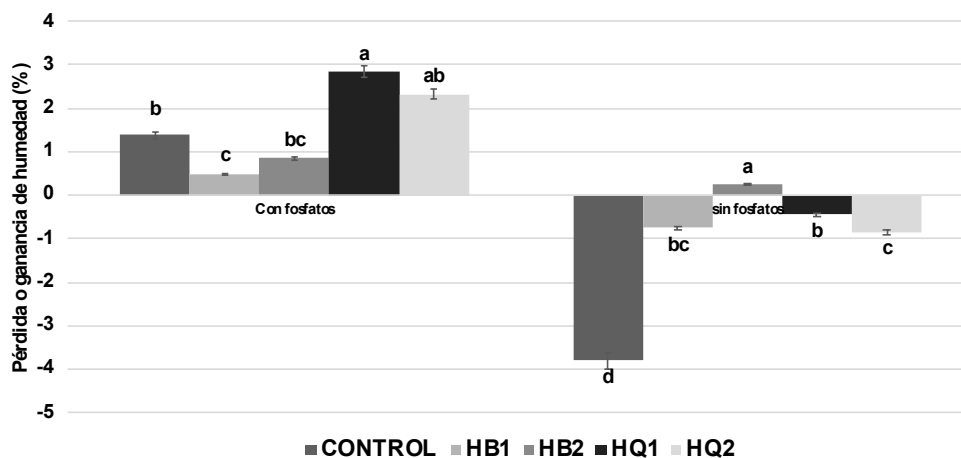
Gráfica 10. Contenido de humedad de la salchicha con o sin adición de fosfatos en el día 5.



Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores etiquetados con una letra diferente en las barras de las muestras con fosfatos o sin fosfatos son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

En la gráfica 11 se muestra la pérdida o ganancia de humedad (%) de las salchichas durante el almacenamiento, la salchicha control sin fosfato obtuvo el porcentaje de pérdida de humedad más alto (3.81 %), seguido por las salchichas HQ2, HB1 y HQ1 (sin fosfato), en cambio, la salchicha HB2 (sin fosfato) fue la única muestra que mantuvo su porcentaje humedad conjuntamente adquirió humedad durante el almacenamiento de los 5 días. Por otra parte, los resultados de contenido de humedad de las salchichas con fosfatos fueron mayores para las salchichas HQ1 seguida por las salchichas HQ2, Control, HB2 y HB1; el pH de la salchicha HQ1 que es 6.41 (Gráfica 7), siendo el pH que más se aleja al punto isoeléctrico de las proteínas en efecto su capacidad de retención de agua es mayor por la ayuda de los fosfatos, este no es el caso para la salchicha HB sin fosfato, su pH fue 5.99 y aun así su contenido de humedad no fue afectado. La forma en que actúa la harina de berenjena para obtener su contenido de humedad se debe a su gran contenido de fibra dietética; fibra dietética insoluble se caracteriza por a retener agua en su matriz estructural (Escudero y González, 2006), lo que explica su comportamiento aun sin presencia de fosfatos.

Gráfica 11. Porcentaje de pérdida o ganancia de humedad durante el almacenamiento de las salchichas (%).



Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores etiquetados con una letra diferente en las barras de las muestras con fosfatos o sin fosfatos son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

Los valores de las coordenadas cromáticas ($*L$, $*a$ y $*b$) y la diferencia de color respecto al control (ΔE) y los parámetros de saturación (Chroma) y tono (H°) de las pastas y salchichas en las formulaciones con o sin fosfatos se muestran en la Tabla 18. Como era de esperarse por los resultados obtenidos de las harinas (Capítulo 1), los valores de luminosidad para las fórmulas con HB fueron bajos frente al control y a las fórmulas con HQ; este comportamiento se observó tanto en las fórmulas con fosfatos como en las fórmulas sin fosfatos. Los resultados del análisis de varianza de las pastas con fosfatos muestran que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras al igual para las pastas sin fosfato; estas diferencias aun persistieron en los resultados del producto final (las salchichas).

Se observó que a mayor contenido de humedad mayor fueron los valores de luminosidad de las muestras, en el caso de las muestras con fosfatos, con este hallazgo se confirma la relación establecida por Hernández y Güemes (2010) -a mayor contenido de agua retenida mayor valores de luminosidad- en su proyecto de salchichas con inclusión de cáscara de naranja. De otro modo, la coordenada

cromática $*a$ tienden a la coloración roja (valores positivos) siendo más intensos para las salchichas que para las pastas, de igual forma las salchichas y pastas presentan tendencias positivas (tonalidades amarillas) para la coordenada cromática $*b$. Albarracín *et al.* (2010), investigaron el efecto del uso de harina de frijol como extensor cárnico, encontraron valores de la coordenada $*b$ menores a los de esta investigación, en cambio, para la coordenada $*a$, encontraron valores mayores. Otras investigaciones de uso de harinas como extensores cárnicos obtuvieron resultados similares a los nuestros (Prinyawiwatkul *et al.*, 1997).

Se observó que las proporciones cárnicas y el tipo de carne (res y cerdo) influye directamente en los valores de las coordenadas de color, en específico en la coordenada $*a$. En esta investigación se utilizó una proporción 1:1 de carne de res y carne de cerdo, no obstante, otras investigaciones usan la proporción 1:2, por ende, obtienen valores alto de la coordenada $*a$, debido al contenido de hierro y de la presencia de los de pigmentos hemo en la carne Warris *et al.* (1990). El color y apreciación visual de las salchichas podemos observarlas en la Tabla 18 (obtenida a través de las coordenadas $*L$, $*a$ y $*b$) y la imagen 1.



Imagen 1. Apreciación visual de las salchichas.
Foto: Jenny Rodríguez

Tabla 18. Parámetros cromáticos de las pasta cárnica y salchichas con o sin Fosfatos.

MUESTRA		*L	*a	*b	ΔE^1	*C ²	H ³	View	
Pasta Cárnica	Con Fosfatos	Control	62.66 ^b	4.97 ^d	19.78 ^b	-	20.39	4.53 ^d	
		HB1	55.44 ^d	6.78 ^c	19.92 ^{ab}	7.44 ^b	21.04	6.97 ^c	
		HB2	54.05 ^c	8.00 ^b	23.86 ^a	10.00 ^c	25.16	8.42 ^b	
		HQ1	55.87 ^c	9.56 ^a	16.04 ^b	9.01 ^{bc}	18.67	9.71 ^a	
		HQ2	63.34 ^a	4.84 ^e	20.80 ^a	1.23 ^a	21.35	4.37 ^d	
	Sin Fosfatos	Control	61.58 ^c	5.48 ^c	19.39 ^d	-	20.15	5.08 ^b	
		HB1	53.32 ^d	7.64 ^b	22.49 ^a	9.08 ^b	23.75	8.15 ^a	
		HB2	51.51 ^e	8.23 ^a	22.49 ^a	10.89 ^b	23.95	9.07 ^a	
		HQ1	64.54 ^a	5.21 ^e	20.64 ^b	3.22 ^a	21.29	4.62 ^{bc}	
		HQ2	63.99 ^b	5.35 ^d	20.20 ^c	2.54 ^a	20.89	4.78 ^{bc}	
Salchicha por dentro	Con Fosfatos	Control	59.26 ^b	9.07 ^b	15.02 ^e	-	17.54	8.70 ^c	
		HB1	52.69 ^d	8.94 ^c	17.88 ^c	7.16 ^b	19.99	9.63 ^{bc}	
		HB2	52.33 ^e	9.07 ^b	18.40 ^b	7.71 ^{bc}	20.51	9.83 ^b	
		HQ1	62.94 ^a	5.34 ^d	22.39 ^a	9.05 ^c	23.02	4.85 ^d	
		HQ2	55.38 ^c	9.95 ^a	16.41 ^d	4.21 ^a	19.19	10.18 ^a	
	Sin Fosfatos	Control	58.89 ^a	9.03 ^c	15.13 ^e	-	17.62	8.72 ^c	
		HB1	51.64 ^d	8.91 ^d	18.27 ^a	7.90 ^b	20.33	9.79 ^b	
		HB2	48.61 ^e	9.15 ^b	17.95 ^b	10.66 ^c	20.14	10.66 ^a	
		HQ1	57.92 ^b	9.36 ^a	16.32 ^c	1.57 ^a	18.81	9.18 ^b	
		HQ2	57.70 ^c	8.90 ^d	15.91 ^d	1.43 ^a	18.23	8.77 ^c	
Salchicha por fuera	Con Fosfatos	Control	46.12 ^a	11.12 ^e	16.91 ^b	-	20.24	13.56 ^d	
		HB1	39.75 ^d	11.29 ^d	17.24 ^b	6.38 ^{bc}	20.61	15.86 ^b	
		HB2	37.59 ^e	11.69 ^c	18.26 ^{ab}	8.66 ^c	21.68	17.27 ^a	
		HQ1	44.83 ^c	11.74 ^b	18.10 ^{ab}	1.86 ^a	21.57	14.67 ^c	
		HQ2	45.49 ^b	12.43 ^a	18.96 ^a	2.52 ^{ab}	22.67	15.29 ^{bc}	
	Sin Fosfatos	Control	46.21 ^a	11.39 ^c	16.38 ^e	-	19.95 ^c	13.85 ^c	
		HB1	39.15 ^d	10.89 ^d	17.42 ^c	7.15 ^b	20.54 ^c	15.55 ^a	
		HB2	37.77 ^e	10.54 ^e	17.10 ^d	8.51 ^b	20.08 ^d	15.59 ^a	
		HQ1	45.99 ^b	11.70 ^b	17.85 ^b	1.52 ^a	21.34 ^b	14.28 ^b	
		HQ2	45.29 ^c	11.94 ^a	18.09 ^a	2.02 ^a	21.68 ^a	14.77 ^b	

Los valores son el promedio de tres repeticiones \pm desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma columna, misma prueba, son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

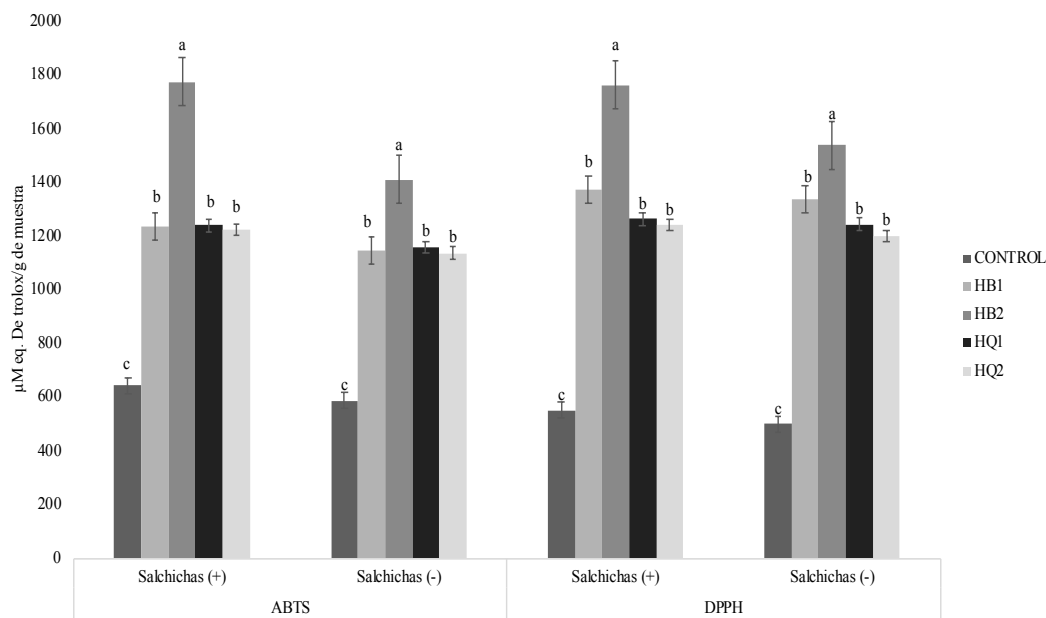
¹ ΔE : Diferencia de color

²C: Croma.

³H:

Hue

Gráfica 12. Capacidad antioxidante de las salchichas por ABTS y DPPH.



Salchichas con fosfatos (+) y/o Sin fosfato (-). Los valores son el promedio de tres réplicas. Los valores etiquetados con una letra diferente en las barras de las muestras con fosfatos (+) o sin fosfatos (-) son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La importancia del uso de antioxidantes en una matriz cárnica se debe a que retardan la oxidación de los lípidos y de las proteínas (Karre *et al.*, 2013), consecuentemente mejora la calidad y la vida anaquel de los productos cárnica. Los resultados obtenidos en la evaluación de la capacidad antioxidante de las salchichas muestran que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las salchichas adicionadas con HB, y las adicionadas con HQ y el control, gráfica 12. El ensayo ABTS, presenta una tendencia que sigue el orden $HB2 > HB1; HQ1 > HQ2 > Control$ en las formulaciones con adición de fosfatos, así como en las formulaciones sin adición de fosfatos; los resultados varían de 642 a 1775 μM equivalentes de Trolox / g, y de 586 a 1411 μM equivalentes de Trolox / g, respectivamente. Asimismo, se confirma esta tendencia ($HB2 > HB1; HQ1 > HQ2 > Control$) mediante el ensayo DPPH, con valores entre el rango 500 a 1764 μM equivalentes de Trolox / g para las salchichas con y sin adición de fosfatos. Otras investigaciones han reportado que los antioxidantes de origen natural son más activos que los antioxidantes sintéticos; sea estudiado el uso de frutas y materiales de origen vegetal como antioxidantes en

salchichas, roast beef, empanadas de cerdos y otros productos cárnicos (Lee y Ahn, 2005, Nunez, Boleman *et al*, 2008; Nunez, Hafley *et al*, 2008; Yildiz-Turp and Sedaroglu, 2010; Ahn *et al*. 2002; Ahn *et al*. 2007; Brannan,2008; Carpenter *et al*. 2007; Mielnik *et al*. 2006). De acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba post ANOVA (prueba Duncan), la salchicha HB2 es la muestra con la mayor capacidad antioxidante manteniendo este comportamiento en los dos ensayos ABTS y DPPH, y en las formulaciones con o sin adición de fosfatos, en base a esto se utilizó la harina HB para la realización de los ensayos del capítulo 3.

6.5 CONCLUSIONES

Las salchichas con mayor grado de aceptación sensorial fueron las adicionadas con harina de berenjena al 2 % y con harina de quinua en los niveles 3 %.

En el modelo cárnico sin adición de fosfatos, la salchicha adicionada con harina de berenjena mostró una retención de agua mayor que las salchichas adicionadas con harina de quinua.

Los parámetros cromáticos de los modelos cárnicos con harina de quinua fueron más cercanos al control, aunque en la evaluación sensorial las diferencias de color no fueron identificadas por más del 50 % de los panelistas.

Se logró obtener un modelo cárnico enriquecido con antioxidantes y fibras de origen natural, manteniendo las propiedades organolépticas y tecnofuncionales propias del modelo utilizando harina de berenjena.

VII. CAPITULO 3

Comprobar las propiedades nutricionales del modelo cárnico y, de la harina rica en fibras y antioxidantes mediante la evaluación biológica en un ensayo in vivo.

7.1 OBJETIVOS

7.1.1 Objetivos General

Comprobar las propiedades nutricionales del modelo cárnico y de la harina rica en fibras y antioxidantes mediante la evaluación biológica en un ensayo *in vivo*.

7.1.2 Objetivos Especificos

1. Determinar el efecto de la harina y del modelo cárnico en los niveles de colesterol y triglicéridos mediante ensayo *in vivo*
2. Determinar las propiedades nutricionales de los animales alimentados con harina y el modelo cárnico ricos en fibras y antioxidantes mediante ensayo *in vivo*
3. Evaluar el efecto de la alimentación con harina y un producto cárnico en ratas winstar sobre los biomarcadores

7.2 ANTECEDENTES

7.2.1 Enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son un conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos (OMS, 2019). Espinosa Ibañez (2007), menciona que las ECV son un modelo de enfermedad multifactorial donde confluyen factores ambientales y genéticos, muchos de ellos desconocidos hasta el momento. La causa más frecuente de las ECV es la formación de depósitos de grasa en las paredes de los vasos sanguíneos que irrigan el corazón o el cerebro, suelen tener su origen en la presencia de una combinación de factores de riesgo, tales como el tabaquismo, las dietas alta en grasas, la obesidad, la inactividad física, el consumo nocivo de alcohol, la hipertensión arterial, la diabetes y la hiperlipidemia (Grundy, S. *et al.*, 1999).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) describe 6 clasificaciones de estas enfermedades que son:

1. La cardiopatía coronaria: enfermedad de los vasos sanguíneos que irrigan el músculo cardíaco (miocardio).
2. Las enfermedades cerebrovasculares: enfermedades de los vasos sanguíneos que irrigan el cerebro.
3. Las arteriopatías periféricas: enfermedades de los vasos sanguíneos que irrigan los miembros superiores e inferiores.
4. La cardiopatía reumática: lesiones del miocardio y de las válvulas cardíacas debidas a la fiebre reumática, una enfermedad causada por bacterias denominadas estreptococos.
5. Las cardiopatías congénitas: Mmalformaciones del corazón presentes desde el nacimiento.
6. Las trombosis venosas profundas y embolias pulmonares: coágulos de sangre (trombos) en las venas de las piernas, que pueden desprenderse (émbolos) y alojarse en los vasos del corazón y los pulmones.

Las ECV representan la causa principal de defunción en todo el mundo (OMS, 2019). Se estima que para el 2030 las muertes por las ECV aumenten a 23.6 millones de personas y se predice que seguirá siendo la principal causa de muerte a nivel global.

En México, se estima una tasa anual de un cuarto de millón de personas por causa de estas enfermedades. De acuerdo con el Instituto Nacional de Salud Pública (2012), el 68.5 % de los mexicanos tiene problemas de obesidad y sobre peso, el 58 % padece de diabetes, un 21 % de dislipidemia y otro 43.2 % hipertensión arterial, padecimientos que en los últimos 13 años ha crecido en 22 %. La Asociación Mexicana de Cardiología en el 2013, menciona como las dislipidemias de mayor prevalencia en la población mexicana son: hipoalfalipoproteinemia (colesterol HDL < 40 mg/dL), hipercolesterolemia (colesterol total \geq 200 mg/dL) e hipertrigliceridemia (triglicéridos \geq 150 mg/dL).

7.2.1.1 Dislipidemias

Las dislipidemias o hiperlipidemias son trastornos en los lípidos en sangre caracterizados por un aumento de los niveles de colesterol o hipercolesterolemia (el sufijo emia significa sangre) e incrementos de las concentraciones de triglicéridos (TG) o hipertrigliceridemia (Miguel, P., 2009). Es el factor más predisponente de la aterosclerosis y la enfermedad cardíaca crónica (Assmann y Schulte, 1988; Wang J. 1997). La acumulación focal de colesterol en íntima de arterias grandes y medianas forman los ateromas dio lugar a estrechamiento de la luz arterial, dañan los medios de comunicación subyacentes y frecuencia ulcerarse y calcificada, lo que reduce la el flujo de sangre al miocardio. Sin duda, el éxito de la reducción de suero colesterol reduce enfermedad de la arteria coronaria (Fan *et al*, 2014).

7.2.1.2 Las enfermedades cardiovasculares y su relacion con la ingesta de embutidos

Los productos cárnicos forman una fuente de importante de proteínas y de nutrientes esenciales como el hierro, zinc y vitamina B12. En cambio, un sector de la población los percibes como alimentos que provocan un detrimento a la salud, algunos estudios han asociado su consumo con la aparición de enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de

cáncer, sobrepeso y obesidad (Gonzales, G. *et al.*, 2014; Arihara, 2006; Toldra y Reig, 2011).

7.2.2 Los embutidos cárnicos como alimentos funcionales

Las propiedades tecnofuncionales, fisicoquímicas y nutricionales de los ingredientes de un alimento, determinan un valor resultante como consecuencia de la interacción entre ellos que definen las características de un producto en cuanto a su textura, aroma y sabor, fundamentalmente (Boatella, 2004). Los cárnicos pueden ser enriquecidos con fibras, omega-3, antioxidantes de origen natural, entre otros ingredientes que hacen de los embutidos productos más funcionales.

7.2.2.1 Fibras dietéticas: Son los componentes de la dieta de origen vegetal resistentes a las enzimas digestivas del hombre (Escudero y Gonzales, 2006; Socarrás y Bolet, 2010). Se pueden clasificar de acuerdo a su solubilidad en agua en: fibra insoluble (celulosa, gran parte de las hemicelulosas y lignina) y fibra soluble (pectina, sustancias pécticas, gomas, mucílagos y algunas hemicelulosas). A finales de la década de 1990, Wolk *et al.*, demostraron que el consumo de fibra reduce riesgo de las enfermedades cardiovasculares; Liu *et al.* (2002) y Bazzano *et al.* (2003) confirmaron los resultados. Un aumento en el consumo de fibra se puede disminuir el C-LDL entre un 10 y un 15% (Lairon *et al.*, 2005).

7.2.2.2 Fibra como ingrediente de embutidos: Las fibras mejoran la capacidad de retención de agua de los embutidos y su textura como consecuencia se obtiene un producto con mejores características y percepción sensorial por parte de los consumidores, otro efecto positivo de esta es la mejora de la capacidad oxidativa cuando se asocian con antioxidantes fenólicos. Numerosos estudios indican que el fortalecer los productos cárnicos con fibra puede tener muchos beneficios para la salud (Decker y Park, 2010).

7.2.3 Antioxidantes

son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de un sustrato oxidable, actuando como donador de electrones (agente reductor) (Halliwell, 1991; Mendoza, 2014). Los antioxidantes tienen propiedades que actúan contra el efecto negativo de los

radicales libres (producidos por el tabaquismo, contaminantes externos, sustancias químicas, determinados compuestos químicos de sustancias nutritivas, agentes atmosféricos externos, entre otros) reducir la aparición de determinadas enfermedades como el cáncer y patologías cardiovasculares, además se ha visto que son un gran aliado para prevenir el envejecimiento precoz (Li, K. *et al.*, 2011). Se ha reportado que la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad ayuda al desarrollo de la aterosclerosis, por lo que se cree que los antioxidantes pueden ayudar a proteger contra y tratamiento a una serie de enfermedades cardiovasculares (Willcox, B., 2008).

7.2.3.1 Los antioxidantes como ingrediente de embutidos: Los Antioxidantes son ingredientes útiles para retardar la oxidación lipídica en carne molida cruda o los embutidos que contienen niveles altos de grasa y que pueden disminuir su calidad por factores como el aire, temperatura, humo, luz e iones de metal (De la Vega, A. y López, I. 2012).

7.3 MATERIAL Y MÉTODO

7.3.1 Modelo Cárnico

En base a los resultados del capítulo 2, se tomó la formulación de las salchichas adicionadas con harina de berenjena como base para el modelo cárnico (Tabla 13).

Tabla 19. Formulación base del modelo cárnico (Salchicha tipo Frankfurt).

Materia Prima	Control	HB
Carne ¹	46.3	29.3
Sale	2.1	1.7
Agua	36.0	48.4
Secos ²	11	8.9
HB	-	8.1
Condimentos	4.2	3.3
Otros ³	0.5	0.5

¹Carne de cerdo- carne de res

²Proteínas-Almidones

³Conservadores-fosfatos.

El proceso de elaboración utilizado fue el descrito por Mendoza (2004), como se describe en el capítulo 2. Se determinaron la composición proximal, capacidad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides, parámetros cromáticos y químicos, como se describe en los capítulos 1 y 2.

7.3.2 Elaboración de las dietas

Se formularon 4 dietas (Tabla 20) hiperproteicas (manteniendo el porcentaje de proteína que indica la dieta estándar AIN-76, Tabla 21) y suplementada con todos los nutrientes esenciales requeridos por una rata en crecimiento.

7.3.3 Composición bromatológica de las dietas

Los análisis se realizaron de acuerdo con la Asociación de Química Analítica Oficial (1998). Como se describe en el capítulo 1.

Tabla 20. Tratamientos y dietas del bioensayo

Bioensayo	Denominación	Dieta	Proporción
Harinas	DC	Dieta control	100 % DC
	DHB	Harina de berenjena	4:1 DC / HB
Salchicha	DC	Dieta control	100 % DC
	DSC	Salchicha control	1:1 DC/SC
	DSHB	Salchicha con 8 % de harina berenjena	1:1 DC/SHB

HB: Harina de Berenjena; SC: Salchicha Control; SHB: Salchicha Harina de Berenjena.

Tabla 21. Contenido de Dieta AIN-76.

Ingredientes	Contenido en 100 g
Caseína	20
Almidón de Maíz	50
Azúcar	15.2
Aceite de Maíz	5
Celulosa	5
Mineral Mix ^a	3.5
Vitamin Mix ^b	1

Composición (g/kg) ^a Fosfato de calcio dibásico 500.0, cloruro de sodio 74.0, citrato de potasio 220.0, sulfato de potasio 52.0, óxido de magnesio 24.0, carbonato de manganeso (43–48%) 3.5, citrato férrico (16–17% Fe) 6.0, carbonato de zinc (70%) 1.6, carbonato cúprico (53–55%) 0.3, yodato de potasio 0.01, selenito de sodio 0.01, sulfato de potasio 2.12 y cromo 0.55.

^b (por kg de mezcla) Tiamina 600 mg, riboflavina 600 mg, piridoxina 700 mg, ácido nicotínico 3 g, pantotenato de calcio D 1.6 g, 200 mg de ácido fólico, 20 mg de D-biotina, cianocobalamina 1 mg, 120,000 equivalentes de retinol, 5,000 UI de actividad de vitamina E, colecalciferol 2,5 mg (100,000 UI) y menaquinona 5,0 mg.

7.3.4 Bioensayo con ratas

Un total de 28 ratas Wistar machos (en edad de destete) fueron colocadas en jaulas de acero inoxidable con condiciones ambientales controladas (12 horas de luz y 12 de oscuridad, temperatura entre 20 a 23°C) tomando en cuenta la norma NOM-062-ZOO-1999 y aprobación del Comité de Ética de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León (CEIBA) N° de registro CEIBA-2016-030. Los roedores fueron agrupados en 4 grupos experimentales con un peso aproximado de 85 g. Se proporcionó agua *ad libitum* y 40 g de alimento por día, el horario de alimentación y limpieza de las jaulas se realizó en la mañana.

7.3.5 Parámetros medibles

7.3.5.1 Consumo de alimento: se registró el alimento no consumido por día y por individuo de estudio. Se calculó el alimento consumido y el contenido proteico del mismo.

7.3.5.2 Peso de roedores: se registró el peso de los roedores cada 7 días, con el fin de determinar el peso ganado por alimento consumido.

7.3.5.3 Las heces: fueron recolectadas por individuo y por día. Se redujo su contenido de humedad utilizando un secador de túnel (Procmex modelo LQ001), posteriormente se quitó el excedente de dieta y se procedió a determinar su contenido de Nitrógeno (%N) (AOAC, 1998), con el fin de calcular la digestibilidad aparente de proteína, con la formula siguiente:

$$DAP = \left(\frac{CA - H}{CA} \right) \times 100$$

En donde,

DAP= digestibilidad aparente de proteína

CA= consumo de alimento (%N)

H= heces (%N)

Se determinó el contenido de grasa de las heces (AOAC, 1998), con el fin de conocer el efecto de retención de grasa de la fibra.

7.3.6. Análisis Sanguíneos

7.3.6.1 Toma de muestra: A partir de la semana 2 (15 días de consumo de las dietas y un peso aprox. 190 gramos) empezó la toma de muestra repitiendo el proceso cada semana. Los animales fueron asegurados con un paño limpio, las patas delanteras y traseras fueron sujetadas en una posición cómoda y sin restringir la respiración de los roedores. La extracción fue realizada por corte de la cola hasta obtener 50-200µl de muestra (Bang *et al.*, 2009).

7.3.6.2 Medición de los niveles sanguíneos de Glucosa, Triglicéridos y colesterol: Se utilizó un equipo portátil de medición Accutrend® Plus de la marca Roche (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemania), utilizando tiras reactivas para los respectivos análisis.

Se determinó los niveles de triglicéridos, colesterol total, colesterol- HDL, colesterol- LDL y VLDL en plasma de la semana 2 y la semana 5 del bioensayo, en el laboratorio de análisis químicos clínicos de la universidad Autónoma de Nuevo León.

7.3.7 Determinación de biomarcadores de estrés oxidativo en plasma

7.3.7.1 Extracción de antioxidantes del plasma: Las muestras de plasma fueron descongeladas lentamente y homogenizadas en un vortex (Boeco modelo V2H). La separación de las proteínas se llevó a cabo por acidificación de la muestra, se agregó ácido perclórico (HClO₄) al 0.5 M en partes iguales y se centrifugó a 14,000 rpm durante 15 minutos. Se recuperaron 100 µl de sobrenadante y se agregaron 900µl de buffer de fosfato 75mM (pH 7.4) a un tubo eppendorf de 2 ml. Las muestras fueron etiquetadas y almacenadas a -20 C hasta los análisis posteriores, en las próximas 48 hrs.

7.3.7.2 Determinación de capacidad antioxidante en plasma: La capacidad antioxidante en plasma fue determinada con el método de capacidad de absorción del radical oxígeno (ORAC), previamente descrito por Huang *et al.* (2002). Se mezclaron 207 mg de 2,2'-azobis (2-amidinopropano) (AAPH) en 5 mL de una solución amortiguadora de fosfato 75 mM (pH 7.4) (solución 1). Se preparó una solución de fluoresceína al 4.19 mM con la solución amortiguadora de fosfato 75 mM (pH 7.4), y se mantuvo en condiciones en la oscuridad a 4 °C (aluminio) (solución 2).

A una placa negra de 96 pozos se agregaron 25 μ l de muestra, blanco y la curva estándar de Trolox + 150 μ l de fluoresceína (previamente diluía) como proteína oxidable, la distribución de la placa se muestra en la Figura 3, la mezcla fue incubada a 37°C por 30 minutos. Terminado el tiempo de incubación se agregó el 2,2'-azobis (2-amidinopropano) como generador de radicales libres y se realizaron lecturas de fluorescencia cada 2 minutos hasta completar un total de 31 lecturas. La incubación y determinación se realizó en un lector de fluorescencia en microplatos Synergy 2 HT, Bio-Tek (USA).

Los resultados de la curva estándar (0 a 100 μ M) y las muestras fueron determinados por el Software Gen 5 (Biotek) incorporado al lector de microplatos. El ensayo se realizó por triplicado y los resultados fueron expresados como equivalente de Trolox en μ mol-1 mg.

7.3.7.3 Determinación de glutatión S-transferasa (GST) en plasma: La determinación de la actividad de glutatión S-transferasa en plasma fue realizada de acuerdo con lo descrito por Wilce y Parker (1994), con algunas modificaciones. Para la realización de este ensayo se utilizó un buffer Dubelco (DPBS) a pH 7.2, para su preparación se utilizó: 800 mg de Cloruro de Sodio, 115 mg de fosfato disódico, 20 mg de Cloruro de Potasio, 20 mg de fosfato de monopotasio, 10 mg de Cloruro de Calcio y 10 mg de Cloruro de Magnesio) se agregaron a un matraz y fue aforado a 100 ml con agua bidestilada.

La reacción de la SGT inició agregando 300 μ l de mezcla de sustrato con glutatión L reducido (200 mM) y 1-cloro-2,4-dinitrobenzenu (CDNB, 100mM) en el buffer Dubelco previamente preparado con 10 μ l de extracto enzimático. Se tomó la absorbancia a 340nm por minuto por un tiempo 10 min en un lector de microplacas (Elx800, Biotek) por el Software Gen5. Los resultados se obtuvieron por el promedio del triplicado de cada extracto y se expresaron como μ mol-1 min-1 mg protein-1, usando el coeficiente molar de extinción de 9.6 mM -1 cm -1 para 1-cloro-2,4-dinitrobenzenu.

7.3.5.7.4 Determinación de actividad Superóxido Dismutasa (SOD) en plasma: La actividad de superóxido dismutasa en plasma fue medida por espectrofotometría por el método previamente descrito por Peskin and Winterbourn (2000). Para llevar a cabo la reacción

se utilizó un buffer de muestra 50 mM Tris-HCL (pH 8.0) para diluir la xantina oxidasa (Sigma X1875-SOUN), las muestras y los estándares de SOD antes de realizar el ensayo. De igual manera se utilizó un buffer de ensayo 50 mM Tris-HCl (pH 8.0) + 0.1 mM de ácido dietilen triamin pentacético y 0.1 mM de hipoxantina para diluir el detector de radicales, el cual contenía una solución de sal de tetrazolium (Cayman Chemical, Cat. # 706004).

La reacción de SOD fue determinada en un microplatos y consistió en 200 μ l de una solución de sal de tetrazolium, 50 mM de buffer de ensayo (0.1 mM de ácido dietilen triamin pentacético y 0.1 mM de hipoxantina) y 10 μ L de extracto enzimático. La reacción inicio añadiendo 20 μ l de xantina oxidase en 50 mM de buffer de muestra, catalizando la liberación de los radicales superóxidos y capturados por la sal de tetrazolium. La cuantificación se determinó a 450nm. La concentración de radicales fue inversamente proporcional a la actividad de superóxido dismutasa en las muestras. La concentración de la actividad fue determinada por el porcentaje de inhibición de la xantina oxidasa. Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados fueron expresados como equivalente de Trolox en μ mol⁻¹ mg.

7.3.5.7.5 Determinación de fosfatasa alcalina (ALP) en plasma: Las actividades de fosfatasas alcalinas (ALP) se midieron utilizando fosfato de p-nitrofenilo como sustrato (Mazorra *et al.*, 2002). La reacción se realizó utilizando 200 μ L de tampón de dietanolamina (1.0 M) con MgCl₂ 50 mM (pH 9.8), luego 10 μ L del extracto enzimático y 10 μ L del sustrato se añadieron a una concentración final de 0,4 mM. La absorbancia se registró inmediatamente a 405 nm en las mismas condiciones que las esterases. La actividad enzimática se expresó como μ mol⁻¹ min⁻¹ mg de proteína⁻¹, utilizando para p-nitrofenol un coeficiente de extinción molar de 18.5 mM⁻¹ cm⁻¹.

7.3.5.6 Histología

Después de la eutanasia, se extrajo el hígado completo y se almacenó en formaldehído al 10 % para la fijación del tejido, luego de 24 horas, se tomó una muestra de 1cm² del lóbulo izquierdo para el análisis histológico utilizando el método estándar de hematoxilina-eosina (Farias *et al.*, 2015).

7.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.4.1 Análisis del modelo cárnico

7.4.1.1 Composición proximal

La composición proximal de las salchichas se muestra en la Tabla 22. La salchicha con adición de harina de berenjena (SHB) presenta un mayor contenido de fibra y proteína, a pesar de tener un contenido cárnico menor al de la salchicha control (SC). Han-sul *et al.* (2007), reportan un contenido de proteína en un rango de 15 a 20 %, siendo mayores a los obtenidos en esta investigación, esto puede atribuirse a que el contenido cárnico de las salchichas de cerdo, con inclusión de avena y tofu, supera el 65 % de la formulación, esta tendencia repite en los resultados reportados por Sousa *et al.* (2017).

Se observó una disminución del contenido etéreo de las salchichas de 6.4% (SC) a 1.9 % (SHB), pudo ser debido a que la harina de berenjena presenta contenidos menores a 1 % y la reducción de la materia cárnica. Algunos autores (Sousa *et al.*, 2017; Choi *et al.*, 2014) reportan que un reemplazo de la grasa de cerdo por fibras puede causar pérdidas de en el producto cocido, este no fue el caso para las salchichas SHB con porcentajes de humedad mayores al control.

Tabla 22. Composición bromatológica del modelo cárnico (salchichas tipo Frankfurt).

Parámetros (%)	Tratamientos ¹	
	SC	SHB
Humedad	60.498 ± 0.02 ^b	63.917 ± 0.08 ^a
Cenizas	3.4520 ± 0.02	3.3237 ± 0.05
CE ²	6.4900 ± 0.06 ^a	1.9192 ± 0.06 ^b
Proteína	7.7963 ± 0.07 ^b	9.2047 ± 0.04 ^a
FDI ³	2.7276 ± 0.05 ^b	5.2095 ± 0.06 ^a
FDS ⁴	0.6218 ± 0.02 ^a	0.4450 ± 0.05 ^b
FDT ⁵	3.3494 ± 0.05 ^b	5.6545 ± 0.03 ^a
Carbohidratos	18.4132 ± 0.09 ^a	15.9803 ± 0.10 ^b

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹SC: Salchicha Control; SHB: Salchicha Harina de Berenjena.

²CE: Contenido Etéreo

³FDI: Fibra Dietética Insoluble





⁴FDS: Fibra Dietética Soluble

⁵FDT: Fibra Dietética Total.

7.4.1.2 Atributos físicos

El efecto de la adición de harina de berenjena en los parámetros de color se muestra en la Tabla 23. El color de los tratamientos fue medido en dos espacios de las salchichas (interior y la costra); los resultados del parámetro L^* fueron mas altos para el interior de las salchichas que para la costra lo que pudo deberse a las reacciones no enzimáticas que se dieron a lugar durante la cocción. Comparando los resultados, Candogan and Kolsarici (2003) obtuvieron valores de 58.56 (L^*), 17.52 (a^*) y 10.40 (b^*) en salchicha tipo Frankfurt, siendo similares a los encontrados para la salchicha control, la disminución en los parámetros cromáticos puede deberse al color original de la harina de berenjena (ver Capítulo 1). En la tabla 20 se pueden apreciar las vistas de las salchichas.

Tabla 23. Parámetros cromáticos y físico de las salchichas.

Parámetros	Tratamientos ¹			
	SC		SHB	
	I	C	I	C
L^*	56.62 ± 0.17 ^a	47.13 ± 0.01 ^a	36.56 ± 0.13 ^b	33.77 ± 0.06 ^b
a^*	10.48 ± 0.06 ^a	12.13 ± 0.01	6.07 ± 0.00 ^b	7.82 ± 0.04 ^b
b^*	14.70 ± 0.09	18.7 ± 0.17 ^a	14.75 ± 0.58	15.96 ± 0.01 ^b
View				
ΔE^2	-	-	20.53 ± 0.05	14.30 ± 0.14
pH	5.95 ± 0.16		5.3 ± 0.07	
Aw ³	0.96 ± 0.00		0.98 ± 0.00	

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma fila mismo espacio de color (D o F) son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹SC: Salchicha Control; SHB: Salchicha Harina de Berenjena; I: interior de la salchicha; C: costra de la salchicha.

² ΔE : diferencia de color frente al control

³Aw: actividad de agua

La SHB presenta una diferencia de color (ΔE) de 20.53 para el interior de las salchichas mientras que la costra solo presenta diferencias de 14.3. Por otro lado, no se detectaron diferencias significativas para los valores de pH y actividad de agua (Tabla 23). Los valores de pH fueron menores a los reportados por Sousa *et al.* (2017) y sus resultados para Aw son similares a los encontrados en esta investigación.

7.4.1.3 Capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides

Se observó un aumento significativo ($p < 0.05$) en la capacidad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides al agregar harina de berenjena en la matriz cárnica (Tabla 24), este comportamiento era esperado debido a las características antioxidantes que presenta la harina de berenjena (ver capítulo 1). Vida-Mato *et al.* 2010, encontró que, al adicionar compuestos antioxidantes, procedentes de agua de lavado de fibras de cítricos y aceite esencial de romero, a salchichas bologna aumentó la actividad antioxidante del embutido e inhibió la formación de radicales respecto al control.

Tabla 24. Capacidad antioxidante, contenido de fenoles totales y contenido de flavonoides.

Parámetros (%)	Tratamientos ¹	
	SC	SHB
ABTS (μ MTE/kg salchicha)	33,803.7 \pm 132.6 ^b	50,396.29 \pm 169.7 ^a
CFT ² (mgCAE/kg salchicha)	434.97 \pm 11.01 ^b	610.60 \pm 6.56 ^a
FT ³ (mgCat/kg salchicha)	64.17 \pm 2.13 ^b	200.83 \pm 9.42 ^a

Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹SC: Salchicha Control; SHB: Salchicha Harina de Berenjena; Los valores son el promedio de tres repeticiones \pm desviaciones estándar.

²CFT: Contenido de Fenoles Totales.

³FT: Contenido de Flavonoides totales.

7.4.2 Bioensayo

7.4.2.1 Composición proximal de las Dietas

Las dietas control (DC) y la dieta con harina de berenjena (DHB) no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellas (Tabla 25), en cuanto al contenido proteico. Por otro lado, si se encontró diferencias en el contenido etéreo, cenizas y fibra cruda siendo el tratamiento DHB el que mayor contenido presentó de las dos últimas. Los tratamientos DSC y DSHB presentan la misma tendencia de los tratamientos DC y DHB.

Tabla 25. Composición proximal de las Dietas

Parámetros (%)	Tratamientos ¹			
	DC	DHB	DSC	DSHB
Humedad	3.8241 ± 0.12 ^a	3.8365 ± 0.65 ^a	32.9830 ± 0.76 ^a	31.6603 ± 0.21 ^b
Cenizas	3.9114 ± 0.01 ^b	4.5776 ± 0.07 ^a	3.7594 ± 0.1 ^a	3.7273 ± 0.12 ^a
Proteína	9.7125 ± 0.21	9.8186 ± 0.65	14.0375 ± 0.04 ^a	11.2377 ± 0.2 ^b
CE ²	13.9689 ± 0.05 ^a	10.6286 ± 0.3 ^b	16.2639 ± 0.09 ^a	12.9442 ± 0.3 ^b
FC ³	3.4478 ± 0.6 ^b	7.8349 ± 0.5 ^c	3.6805 ± 0.08 ^b	4.5149 ± 0.06 ^a

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma fila (tratamiento DC y DHB; DSC y DSHB) son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha Harina de Berenjena.

²CE: Contenido Etéreo.

³FC: Fibra Cruda.

Tabla 26. Crecimiento de los roedores por alimento consumido.

Parámetros	Tratamientos ¹			
	DC	DSC	DHB	DSHB
PI (g) ²	84.9 ± 12.8 ^a	85.4 ± 15.6 ^a	85.1 ± 10.0 ^a	86.0 ± 13.0 ^a
PF (g) ³	364.7 ± 23.7 ^{ab}	388.10 ± 17.4 ^a	340.0 ± 20.39 ^b	339.7 ± 31.8 ^b
Δ WT (g) ⁴	279.8 ± 14.52 ^a	303.0 ± 25.85 ^a	254.6 ± 22.3 ^b	253.7 ± 29.71 ^b
CA (g) ⁵	1,095.35 ± 4.51 ^c	1,388.53 ± 5.49 ^b	1,047.96 ± 7.38 ^c	1,454.6 ± 9.21 ^a
CP (g) ⁶	15.20 ± 0.44 ^c	28.49 ± 0.79 ^a	15.91 ± 0.78 ^c	26.9 ± 1.19 ^b
Δ WT/CP	18.41 ± 0.67 ^a	10.65 ± 0.72 ^c	15.99 ± 0.98 ^b	9.41 ± 0.72 ^c

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha Harina de Berenjena.

²PI: Peso de los roedores destetados.

³PF: Peso Final (43 días).

⁴ Δ WT: Peso Ganado

⁵CA: Consumo de Alimento (43 días).

⁶CP: Consumo de Proteína (43 días).

7.4.2.2 Estudio de crecimiento y Tránsito intestinal

Se observó una ganancia de peso promedio entre 253 a 303 gramos (Tabla 26) durante las 6 semanas del bioensayo, siguiendo la tendencia ascendente DSHB > DHB > DC > DSC. Sorprendentemente se encontró que la ganancia de peso no se vió afectada por el

consumo de alimentos (CA), siendo el tratamiento DSHB el caso más notable. Esta investigación arroja resultados que subrayan las conclusiones obtenidas por Goñi, I. y Serrano, J. (2005), en su investigación sobre fibra antioxidante de uva, concluyendo que la ingesta de fibra no aumenta el peso corporal de las ratas machos Wistar. Aunado a esto, se encontró que la mayor ganancia de peso por consumo de proteína ($\Delta WT/CP$) fue para las dietas DC y DHB mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas. En cuanto a las dietas DSC y DSHB, no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los resultados, reportando las menores ganancia de peso por consumo de proteína de todos los grupos experimentales, dando un giro a lo esperado ya que estos grupos experimentales tuvieron un consumo mayor de proteína que los demás.

Se observó que la dietas DC tuvo un mayor consumo frente a la dieta DHB, este comportamiento se ha reportado en ensayos con inclusión de fibra antioxidante de uva en dietas de roedores (Goñi, I. y Serrano, J., 2005); esta tendencia puede deberse al efecto de repleción o saciedad que causa la fibra dietética insoluble. Otro beneficio que se observó en los grupos experimentales que consumieron harina de berenjena (DHB y DSHB), fue el aumento de la masa fecal (Escudero E y González P, 2006) que aceleró el tránsito intestinal de los roedores obteniendo un peso en gramos mayor para estos grupos experimentales. En la Tabla 27, podemos notar la tendencia que siguen los resultados en donde a mayor consumo de fibra mayor es el peso en gramos de las heces de los grupos experimentales.

Tabla 27. Tránsito intestinal y consumo de fibra de los roedores

Parámetros	Tratamientos ¹			
	DC	DSC	DHB	DSHB
CA (g) ²	1,095.35 ± 4.51 ^c	1,388.53 ± 5.49 ^b	1,047.96 ± 7.38 ^c	1,454.6 ± 9.21 ^a
CF (g) ³	37.87 ± 0.53 ^d	51.04 ± 0.46 ^c	82.24 ± 1.2 ^a	65.72 ± 0.58 ^b
PH (g) ⁴	781.7 ± 3.8 ^{bc}	722.0 ± 4.6 ^c	1398.5 ± 11.2 ^a	1126.5 ± 8.0 ^{ab}

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

¹DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha Harina de Berenjena.

²CA: Consumo de Alimento (43 días).

³CF: Consumo de Fibra (43 días), calculo en base a fibra cruda.

⁴PH: Peso de las Heces de los roedores (43 días).

7.4.2.3 Digestibilidad de Nitrógeno Aparente (DNap)

En la gráfica 13 se muestran los resultados por semana de la digestibilidad de nitrógeno aparente. Se observó que los tratamientos no presentan una tendencia constante en los resultados para la DNap por semana.

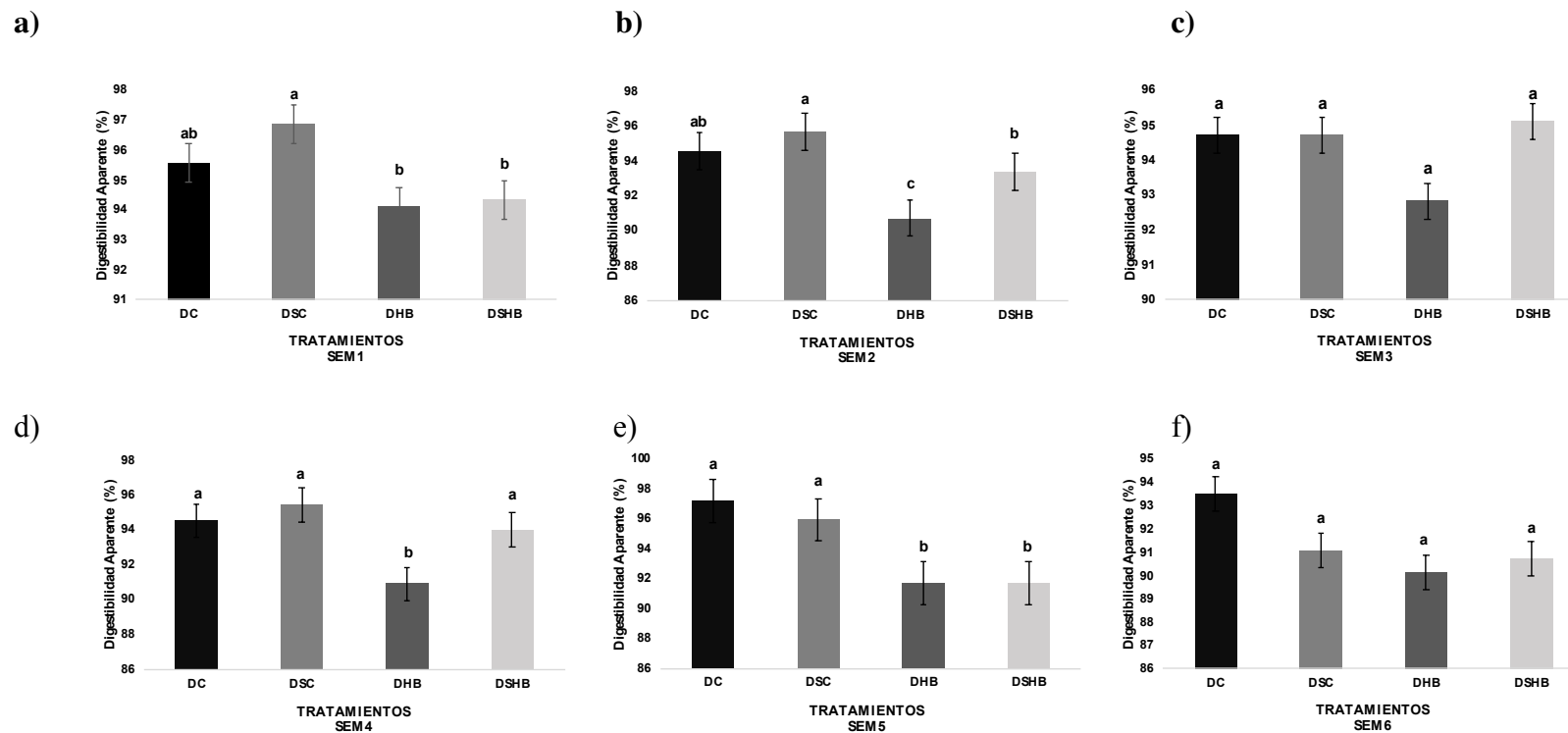
Las ratas que consumieron los tratamientos DHB y DSHB presentaron el menor porcentaje de DNap en la primera semana del bioensayo (gráfica 13 a), siendo este 94 % para ambos tratamientos; seguido de estos se encuentra el control (AIN-76) y el grupo experimental con mayor DNap fue el DSC. En la segunda semana del bioensayo, (gráfica 13 b), los resultados presentaron una tendencia similar que sigue el orden ascendente DHB > DSHB > DC > DSC; en esta semana se observó una disminución del porcentaje de DNap para todos los tratamientos siendo el grupo experimental DHB el más afectado.

No se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los grupos experimentales en la tercera semana, sorprendentemente se observó un aumento de un 2 % en los resultados del tratamiento DHB (gráfica 13 c). Apartir de esta semana experimental se observó un constante decrecimiento en la digestibilidad de nitrógeno aparente, este comportamiento pudo deberse al inicio de toma de muestra de sanguínea en las ratas (Gráfica 13d, 13e, 13f).

En general, los grupos experimentales presentaron una digestibilidad de nitrógeno aparente mayor al 90 %, reflejando los mejores porcentajes de DNap para los grupos DC y DSC. Se ha comprobado que un alto consumo de fibra dietaria influye negativamente en la utilización biológica de nutrientes como la proteína (Wong, K. y Cheung, P., 2003), debido a que su consumo aumenta la excreción de nitrógeno fecal, en consecuencia, disminuye la digestibilidad del nitrógeno dietario (Falcón *et al.*, 2011). Giraldo *et al.* (2008), en su investigación sobre harina de hoja de yuca (digestibilidad aparente), encontró que la inclusión de esta harina en las dietas disminuye significativamente la digestibilidad aparente de nitrógeno en rata wistar. Esta tendencia también se vió en los resultados de esta investigación, en donde a mayor porcentaje de

inclusión de harina de berenjena menores fueron los porcentajes de digestibilidad de nitrógeno aparente.

Gráfica 13: Digestibilidad aparente de proteína por semanas.



a) semana 1; b) semana 2; c) semana 3; d) semana 4; e) semana 5; f) semana 6; DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

7.4.2.4 Análisis sanguíneos

7.4.2.4.1 Niveles de glucosa en sangre de las ratas

No se observó una tendencia constante en los niveles de glucosa sanguíneos en las semanas del estudio (gráfica 14). Para el tratamiento con inclusión de harina de berenjena al 20 % (DHB) y el tratamiento con inclusión de salchicha con un 8 % de harina de berenjena (DSHB), se encontró un rango promedio de los niveles de glucosa sanguíneo por semana entre 113 mg/dL a 164 mg/dL, y 129 mg/dL a 143 mg/dL, respectivamente. Los tratamientos DC (AIN-76) y DSC (salchicha control) presentan rango de resultados de 120 mg/dL a 152mg/dL, y 118 mg/dL a 152 mg/dL. A pesar de estas variabilidades, no se detectó diferencia significativa entre los cuatros tratamientos experimentales.

Se ha reportado (Reaven, Gold, y Reaven, 1979; Wang *et al.*, 1997) que las ratas cepa Wistar presentan intolerancia a la glucosa y una menor respuesta de la inulina a la glucosa con la edad, sin embargo, en esta investigación no se observó la disminución de respuesta de la inulina frente a la glucosa, debido a que no se obtuvieron valores con una tendencia constante al aumento o disminución de los niveles de glucosa sanguíneos. En esta investigación se trabajó con animales sanos, esto pudo tener efecto en los resultados ya que no se detectó un efecto significativo en el consumo de antioxidantes (ácido clorigenico y antocianina) y fibra dietaria frente a los controles. Investigaciones en donde se ha visto un efecto del su consumo de fibras y antioxidantes son animales con inducción de hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia o hiperglicemia (Hunyadi, A. *et al.*, 2012).

7.4.2.4.2 Niveles de triglicéridos en sangre de las ratas

Los resultados de los niveles de triglicéridos en sangre, por semana, de las ratas son mostrados en la gráfica 15. En la semana 2 del bioensayo, el grupo control (DC) presentó concentraciones de triglicéridos sanguíneos de 374 mg/dL, seguidos del grupo experimental DSHB con niveles de 247 mg/dL, los tratamientos DHB y DSC obtuvieron resultados de 168 mg/dL y 147 mg/dL, respectivamente. Sorprendentemente, las

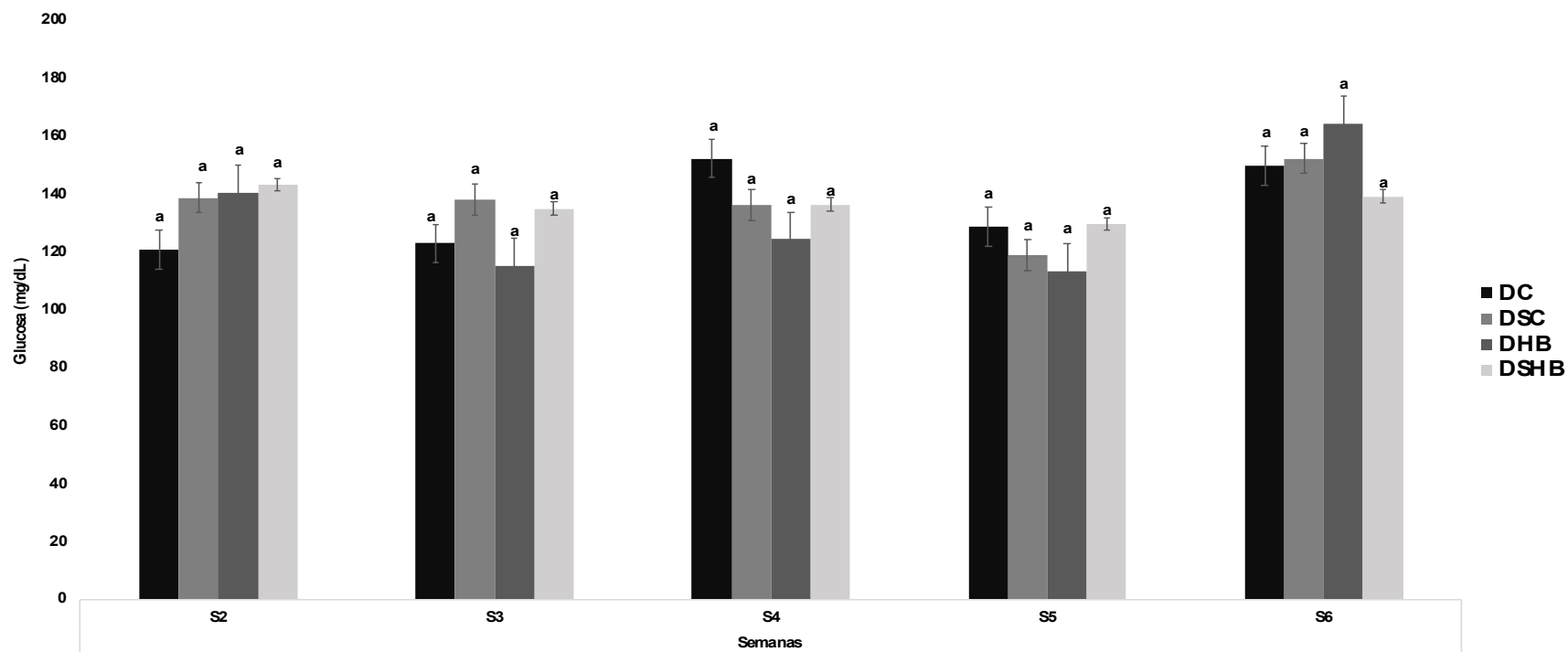
concentraciones de triglicéridos sanguíneos más bajas fueron para el tratamiento con salchicha control, aún así estos resultados se encuentran en el límite superior dentro del rango normal para humanos.

En la semana 3, se observó que los tratamientos DC y DSC presentan niveles altos de triglicéridos sanguíneos (317 mg/dL y 264 mg/dL, respectivamente) y los grupos tratados se encontraron en el límite alto de los niveles de triglicéridos en sangre. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos DSC y DSHB. Estos niveles de triglicéridos sanguíneos no fueron constantes en la semana 4 del experimento, se observó un aumento en las concentraciones de triglicéridos para los tratamientos DC y DHB, siendo este último el más afectado.

En la semana 5, hubo un importante decrecimiento en la concentración de triglicéridos sanguíneos de los tratamientos DC y DHB. Para la semana 6, se reflejó esta disminución de las concentraciones de triglicéridos sanguíneos en todos los tratamientos encontrándose los tratamientos DSC, DHB y DSHB en el rango normal de triglicéridos sanguíneos (basados en humano) y el tratamiento DC en el límite alto de los niveles de triglicéridos sanguíneos (basados en humano), sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos experimentales en esta semana de estudio.

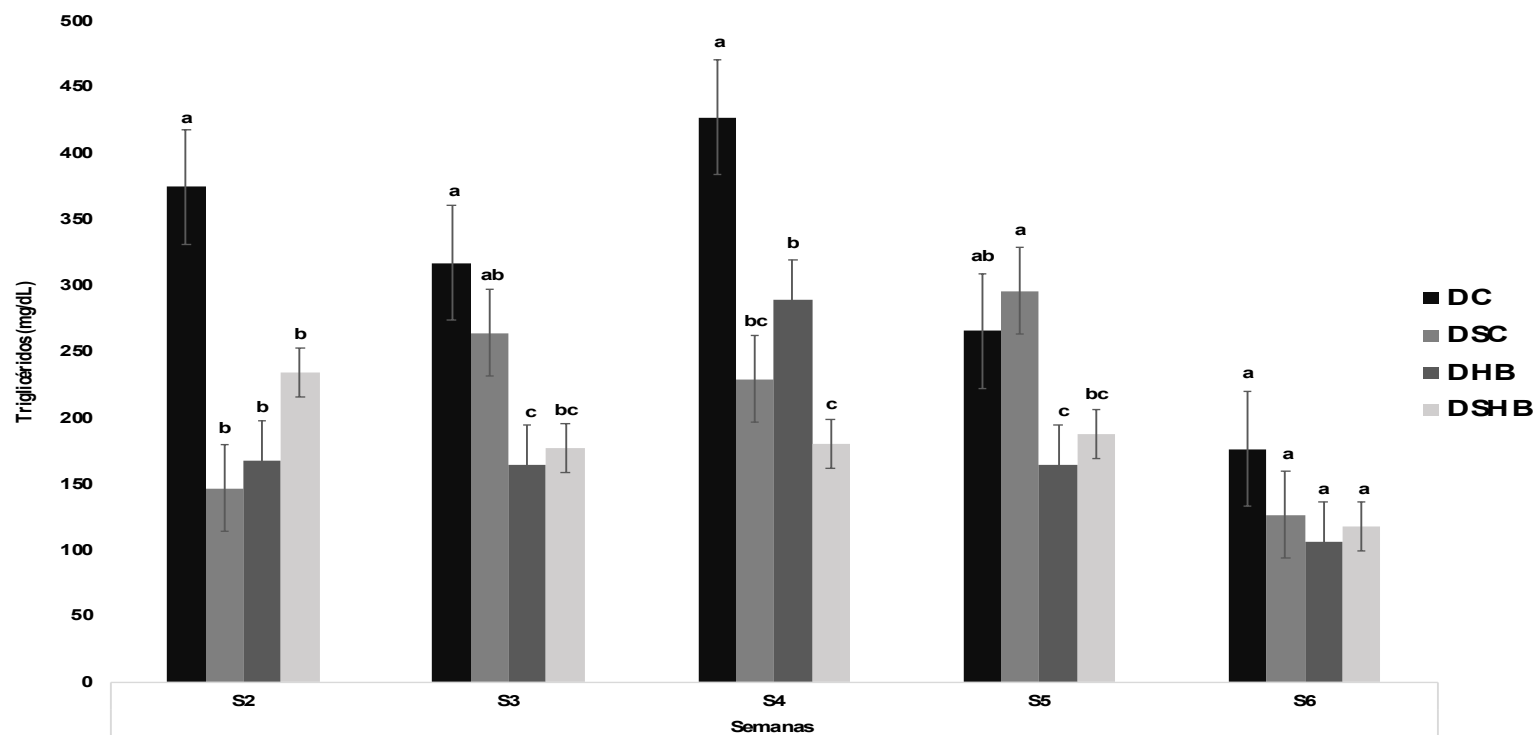
En general, el grupo experimental tratado con la dieta DSHB presenta una constante disminución de los niveles de triglicéridos sanguíneos en las semanas experimentales. Por otro lado, el tratamiento DHB presentó niveles constantes con un aumento brusco en la semana 4, volviendo a los niveles iniciales. En los grupos experimentales DC y DSC, se observó una variabilidad en los valores de triglicéridos. Estas variaciones pueden deberse a que el experimento se realizó con ratas jóvenes, anteriormente este comportamiento ha sido reportado por otros autores (Poveda *et al.*, 2005).

Gráfica 14: Niveles de glucosa en sangre.



S1: semana 1; S2: semana 2; S3: semana 3; S4: semana 4; S5: semana 5; S6: semana 6; DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes en la semana ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

Gráfica 15: Niveles de triglicéridos en sangre.



S1: semana1; S2: semana2; S3: semana 3; S4: semana 4; S5: semana 5; S6: semana 6; DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes en la semana ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

7.4.2.5 Perfil lipídico en plasma sanguíneo de las ratas.

7.4.2.5.1 Niveles Triglicéridos en plasma.

En la gráfica 16, se muestran los resultados de los niveles de triglicéridos en plasma de las ratas al inicio de la toma de muestra (semana 2) y en la semana final del bioensayo (semana 6). El tratamiento DSHB presentó una concentración de 92 mg/dL triglicérido en plasma sanguíneo, seguido por el tratamiento DC, DHB y DSC, (132 mg/dL, 166 mg/dL y 172 mg/dL, respectivamente) para la semana inicial de la toma de muestra sanguínea. En la semana final del bioensayo, se observó una notable disminución en la concentración de triglicéridos en plasma en todos los grupos experimentales, el tratamiento DHB presentó una disminución de un 50 %, seguido del tratamiento DSHB con una disminución de un 44 % de la concentración de triglicéridos plasmático, los tratamientos DC y DSC, presentaron porcentajes de reducción de 25.6 % y 26 %.

Comparando las concentraciones de los tratamientos en la semana 6, el Control (DC) no presentó diferencia significativa ($p > 0.05$) frente a los tratamientos DSC y DHB, sin embargo, estos tratamientos presentaron diferencia entre ellos. Un hallazgo interesante es que el consumo de salchichas con inclusión de harina de berenjena presenta una concentración de triglicéridos en plasma sanguíneos menor al control (DSC) tanto en la semana 2 como en la semana final del bioensayo.

7.4.2.5.2 Niveles de colesterol plasma sanguíneo de las ratas.

Las concentraciones de colesterol plasmático de los grupos experimentales se presenta en la gráfica 16. En la semana 2, semana de inicio de la toma de muestra sanguíneas, los valores de colesterol en plasma se encuentran en el rango de 96 a 116 mg/dL, siguiendo el orden DSHB > DHB > DSC > DC. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos DHB, DSC y DC, de igual modo entre los tratamientos DSHB y DHB. Se observó que los grupos experimentales presentaron una disminución en las concentraciones de colesterol plasmático en la sexta semana de consumo de las dietas.

Se encontró que el consumo de harina de berenjena presenta un efecto positivo en los animales que consumieron las dietas con la inclusión de la misma, ya sea en su forma original (harina) o en su inclusión en un modelo cárnico, detectándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos controles frente a los tratamientos con harina de berenjena. Comparando las concentraciones de colesterol, en plasma, de la semana 2 respecto a la semana 6, se observó que las dietas tratadas presentan una disminución de 24 % y 27 % (DSHB y DHB, respectivamente) de los niveles de colesterol plasmáticos; los tratamientos DC (18 %) y DSC (12 %) presentaron porcentajes menores, detectándose diferencias significativa ($p < 0.05$) en los resultados.

Los presentes hallazgos parecen ser consistentes con los encontrados por Olvera-Hernández *et al.* (2012), en su investigación sobre el efecto de almidón resistente de banano sobre el control metabólico en ratas wistar, encontraron niveles de colesterol total en plasma de 107 mg/dL en el grupo tratado con almidón resistente; los autores afirman que el consumo de fibra dietética disminuye los niveles de lípidos sanguíneos, encontraron que el efecto del almidón fue más notable para los grupos experimentales con una suplementación de sacarosa.

La berenjena es uno de los vegetales con mayor contenido de ácido clorogénico. El ácido clorogénico es un éster de ácido cafeico y del ácido quínico que posee numerosos beneficios para la salud humana, como antioxidante, cardioprotectores, antiinflamatorio, anticancerígeno, entre otros (Plazas M. *et al.*, 2013). Se ha demostrado que el consumo de ácido clorogénico sobre dietas con alto contenido de grasa regula la expresión del gen CYP7A1, enzima que define la velocidad de la ruta biosintética de los ácidos biliares por medio de la disminución del colesterol en el hígado, siendo el principal mecanismo de eliminación del colesterol (Chun-Wai *et al.*, 2012).

En cuanto a los resultados de concentración de c-HDL en plasma sanguíneo de las ratas wistar en la semana 2 y en la semana 6 de estudio se muestran en la gráfica 17. Se observó que el tratamiento con mayor concentración de c-HDL en plasma durante las primeras 2 semanas fue el DC (Control: AIN-76), seguido por el tratado con la dieta con salchicha control (DSC). Los tratamientos con la inclusión de harina de berenjena (DHB

y DSHB) tuvieron resultados bajos frente a sus controles, siendo diferentes significativamente ($p < 0.05$) para el tratamiento DSHB y los controles.

En la semana 6, los resultados del estudio experimental se encontraron en un rango entre 58 mg/dL a 68 mg/dL, siguiendo el orden ascendente DHB > DSHB > DSC > DC. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los resultados de los grupos experimentales en esta semana.

Las concentraciones de c-LDL en plasma sanguíneo se muestran en la gráfica 17. En la semana de inicio de toma de muestra, semana 2, se encontró que los resultados presentan una tendencia ascendente (CD > DSC = DHB > DSHB) presentando diferencias significativas entre los grupos experimentales. En la semana final del bioensayo (semana 6), no se mantuvo el comportamiento de la semana 2, teniendo un orden ascendente DSHB > DHB > DSC > DC.

Comparando los niveles de c-LDL de la semana de inicio frente a los resultados de la semana final del estudio, se encontró que los grupos experimentales con inclusión de harina de berenjena presentan un porcentaje de disminución en la concentración de c-LDL, siendo más notable para el tratamiento DSHB con un 76 %, seguido por el tratamiento DHB con un 47%. En cambio, los tratamientos DC y DSC presentaron un aumento en los niveles de c-LDL plasmáticos (16 % y 32 %, respectivamente). Este comportamiento puede deberse al efecto cardioprotector que posee la berenjena gracias a el contenido de ácido clorogénico, antocianinas y fibras insolubles (Plazas M. *et al.*, 2013). Anteriormente se ha reportado (Chun-Wai *et al.*, 2012), el efecto que produce el uso de ácido clorogénico en animales de laboratorio siendo los resultados similares a los encontrados en este trabajo. Muy al contrario de estos resultados, Botelho *et al.* (2004), en su investigación sobre el efecto de extracto fenólicos de berenjena sobre la aterogénesis y el estrés oxidativo en ratones, encontró que no hubo una disminución de los niveles de c-LDL.

Tabla 28. Porcentajes de lipoproteínas respecto al colesterol total en plasma sanguíneo.

¹ Tratamientos	c-HDL		c-LDL		VLDL	
	² Sem 2	³ Sem 6	² Sem 2	³ Sem 6	² Sem 2	³ Sem 6
DC	71 ± 0.01 ^a	71 ± 0.05 ^a	6 ± 0.05 ^b	9 ± 0.1 ^a	23 ± 0.04 ^a	20 ± 0.05 ^b
DSC	62 ± 0.05 ^a	63 ± 0.04 ^a	8 ± 0.08 ^b	12 ± 0.05 ^a	30 ± 0.06 ^a	25 ± 0.09 ^b
DHB	61 ± 0.05 ^b	73 ± 0.05 ^a	9 ± 0.1 ^a	6 ± 0.07 ^b	30 ± 0.1 ^a	21 ± 0.01 ^b
DSHB	66 ± 0.09 ^b	82 ± 0.1 ^a	15 ± 0.05 ^a	5 ± 0.05 ^b	19 ± 0.06 ^a	14 ± 0.02 ^b

Los valores son el promedio de tres repeticiones ± desviaciones estándar. Los valores medios etiquetados con una letra diferente en la mismo análisis son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por t-student.

¹DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha Harina de Berenjena;

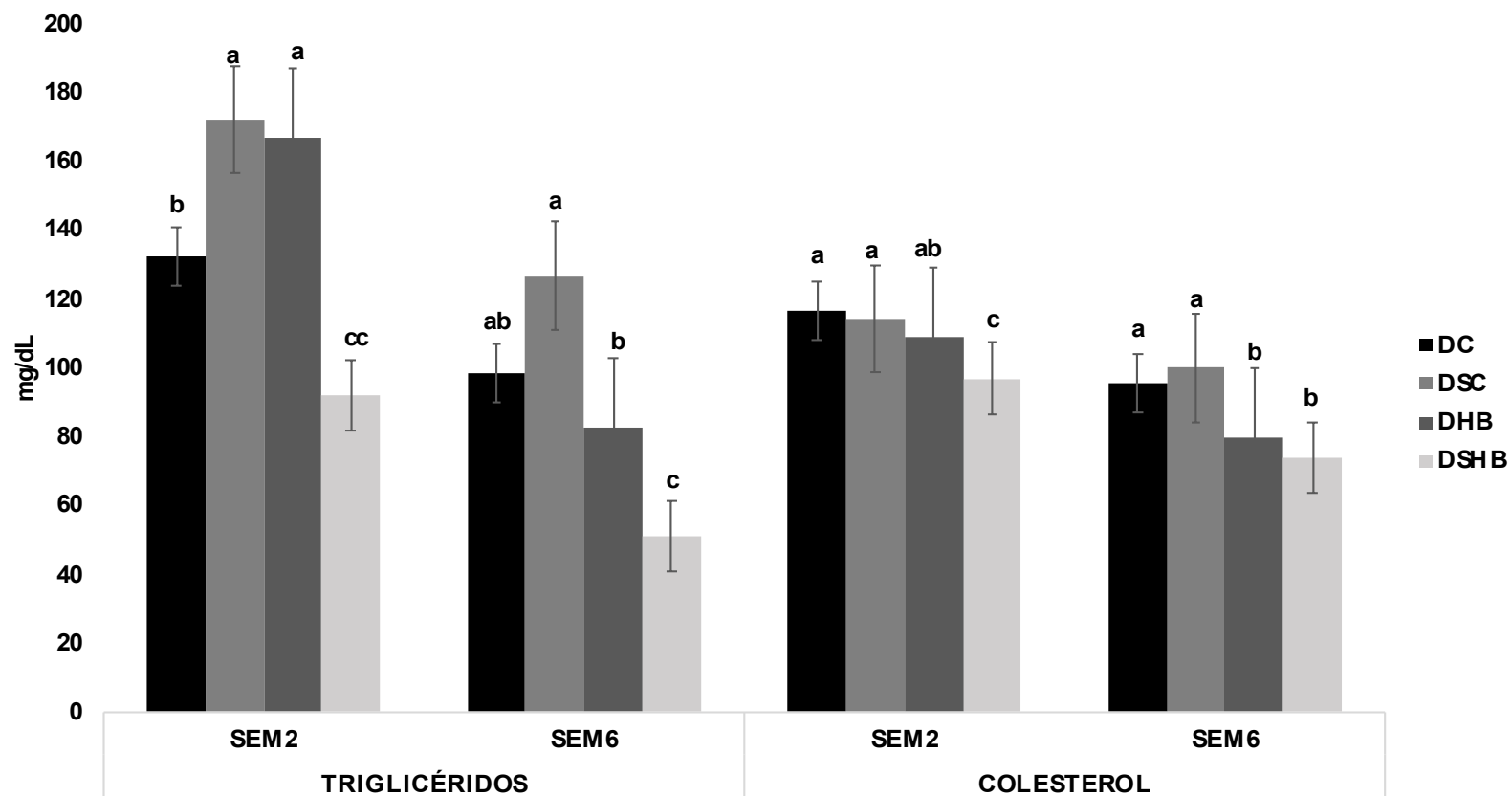
²Sem 2: Semana 2 del estudio.

³Sem 6: Semana 6 del estudio.

Comparando los porcentajes que las lipoproteínas (c-HDL, c-LDL y VLDL) representan en el colesterol total, de la semana 2 y la semana 6 (Tabla 28). En el presente estudio, la fracción c-HDL aumentó significativamente en el grupo experimental DSHB seguido por el DHB, en los tratamientos DC y DSC no hubo un cambio significativo en los porcentajes de c-HDL entre la semana de inicio del estudio y la final. En cuanto a los porcentajes de c-LDL, al inicio del estudio, los grupos tratados con harina de berejena presentan un mayor porcentaje de c-LDL que disminuyó en la semana final del ensayo. Se observó el efecto contrario en los grupos experimentales DC y DSC presentando un aumento significativo en la concentración de c-LDL en la semana 6.

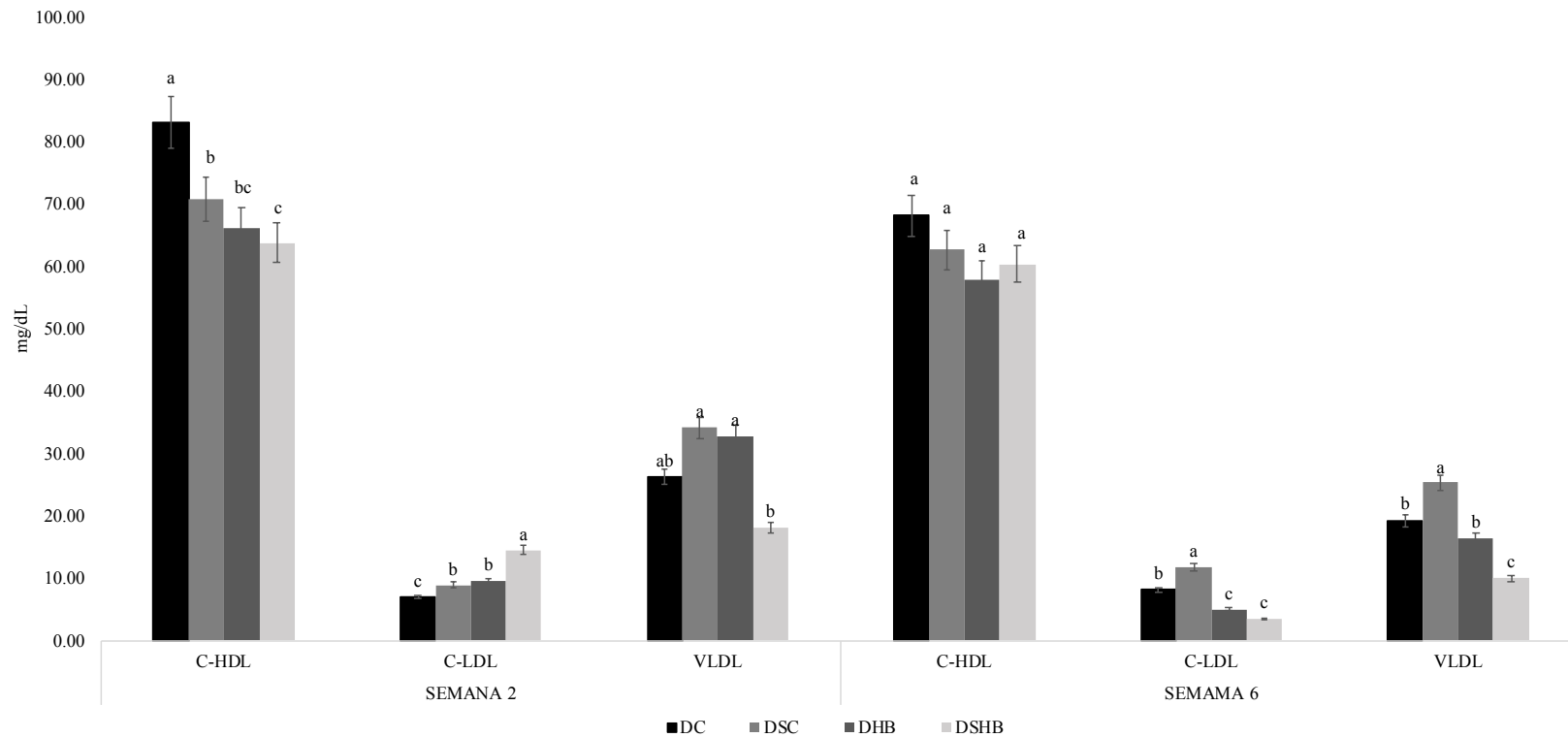
Los porcentajes de la lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) muestran una disminución significativa en la semana 6 de estudio. El tratamiendo DHB (50 %) presentó el mayor porcentaje de disminución seguido por el tratamiento DSHB (45 %), en los tratamientos DC (27 %) y DSC (26 %) no se observó el efecto que produjo la inclusión de harina de berenjena en las concentraciones de VLDL en plasma sanguíneo de los roedores.

Gráfica 16: Niveles de triglicéridos y colesterol en plasma sanguíneo (semana 2 y semana 6).



DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes en la semana ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

Gráfica 17: Niveles de c-HDL, c-LDL y VLDL en plasma sanguíneo (semana 2 y semana 6).



DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes en la semana ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

7.4.2.6 Marcadores del estrés oxidativo

En los últimos años se ha investigado la relación entre el estrés oxidativo (EO) y algunas enfermedades como enfermedades cardiovasculares (ECV), con el fin de delucidar si el EO puede ser originado por las ECV o si contribuye en el desarrollo de las ECV (Pupo *et al.*, 2017). Cai y Harrison (2000), señalan que existe un aumento del EO en los individuos que presentan ECV con respecto a individuos sanos. En esta investigación se midieron las enzimas glutatión-S-transferasa (GST) y superóxido dismutasa (SOD) en plasma, como indicadores del estrés oxidativo de los roedores durante el estudio.

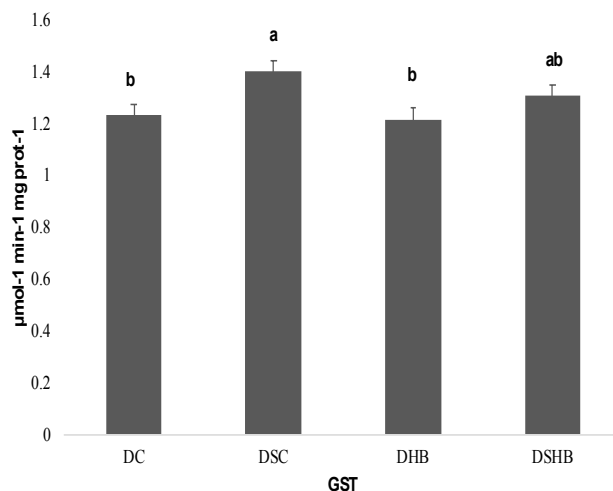
El tratamiento salchicha control (DSC) tuvo la mayor concentración de glutatión-S-transferasa en plasma (1.4 $\mu\text{mol/ml}$), siendo diferente significativamente ($p < 0.05$) a los tratamientos DC (1.23 $\mu\text{mol/ml}$) y DHB (1.22 $\mu\text{mol/ml}$), sin embargo, el tratamiento DSHB no presentó diferencias significativas con los grupos experimentales, teniendo una concentración de 1.31 $\mu\text{mol/ml}$ de plasma (Gráfica 18).

Los resultados obtenidos en esta investigación discrepan con los obtenidos por Lin *et al.* (1998), quienes evaluaron el efecto de la incorporación de té verde (2.5 %) en una dieta de ratas macho Wistar durante un periodo de 63 semanas, reportando un contenido de 2.24 $\mu\text{mol/ml}$ en hígado. La diferencia de los resultados puede atribuirse al tiempo de consumo de las dietas, aunado a que las determinaciones en esta investigación fueron realizadas en plasma sanguíneo. Barriga *et al.* (2017), evaluaron la actividad de la GST en varios tejidos de afibios incluyendo plasma encuentran una mayor presencia de esta enzima en el hígado.

Los resultados de la actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD) se muestran en la gráfica 19, fueron expresadas en porcentaje de inhibición de la xantina oxidasa. El grupo experimental que consumió salchicha control (46 %) mostró el mayor porcentaje de inhibición de la xantina oxidasa que el grupo con la dieta de salchicha con harina de berenjena (39 %), el grupo experimental DHB presentó un porcentaje de inhibición mayor al grupo control, pese a los resultados obtenidos, no se detectaron diferencias significativas entre los grupos experimentales. De otro modo, la actividad de la enzima

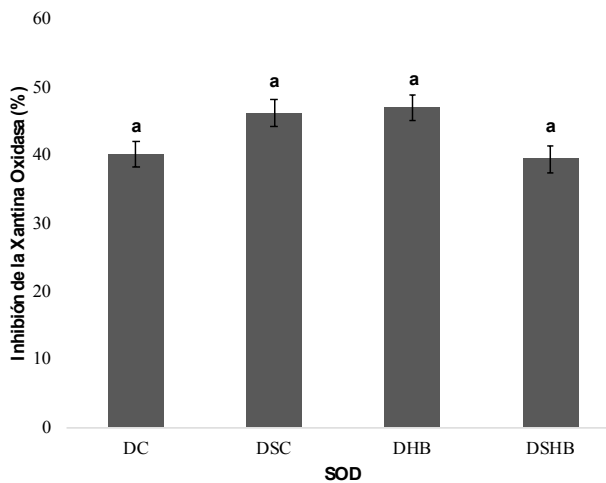
SOD, comúnmente se usa como biomarcador del estrés oxidativo gracias al grado de sensibilidad que muestra en presencia de contaminantes (Ezemonye y Tongo 2010).

Gráfica 18: Concentración de glutatión-S-transferasa (GST) en plasma.



DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

Gráfica 19: Concentración de superóxido dismutasa (SOD) en plasma.



DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

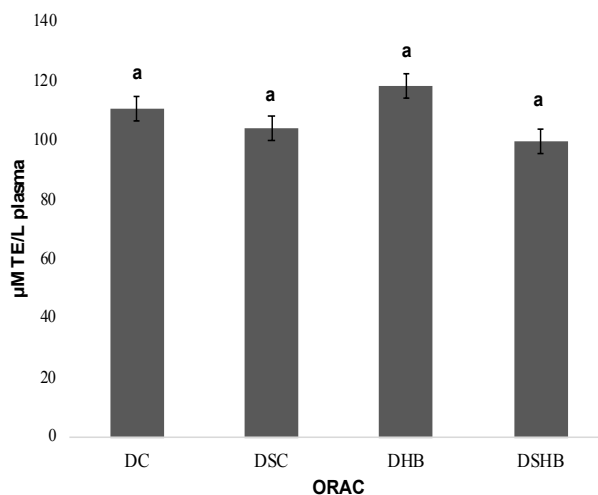
Nwanna *et al.* (2018), investigaron el efecto de la berenjena de tres especies (*Solanum kumba*, *Solanum aethiopicum* y *Solanum gilo*) sobre la inflamación hepática en ratas Wistar macho, alimentadas con alto contenido de grasa, inducida con estreptozotocina. Los autores trataron las berenjenas con condiciones similares a las reportadas en esta investigación, utilizaron una dieta control formulada a base de suero de leche, almidón de maíz y una mezcla especial, con grasa de cerdo para aumentar el contenido graso de las dietas; agregaron las harinas de berenjena al 20 y al 40 %. Sus resultados de la actividad enzimática de SOD no presentaron diferencias significativo entre las dietas tratadas y el control, como es el caso de esta investigación.

7.4.2.7 Capacidad antioxidante en plasma sanguíneo

La capacidad antioxidante no enzimática se evaluó mediante la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC). ORAC ha adquirido gran importancia en los estudios de calidad de los alimentos y fisiológicos debido a su sensibilidad y utilidad (Huang *et al.*, 2001). En la gráfica 20 se muestran los resultados de los grupos experimentales. El tratamiento DHB presentó una actividad antioxidante de 118 μ MTE/L de plasma, seguido del control DC (110 μ MTE/L de plasma), sorprendentemente el tratamiento de salchicha con harina de berejena presentó una actividad antioxidante menor al tratamiento de salchicha control. Sin embargo, la actividad antioxidante no fue significativa ($p>0.05$) para los grupos experimentales, esto puede deberse a que se realizó la determinación en plasma sanguíneo y no en el tejido hepático.

Se ha reportado que la ingesta de ácido clorigénico tiene un efecto positivo en la actividad antioxidante. Vicente *et al.* (2014), evaluaron el efecto del ácido clorigénico (del café) en ratas Wistar, encontraron que el grupo tratado tuvo un incremento de 25 % de la capacidad antioxidante frente al control. Los autores realizaron la determinación de la capacidad antioxidante en el tejido hepático.

Gráfica 20: Capacidad antioxidante no enzimática en plasma (ORAC).



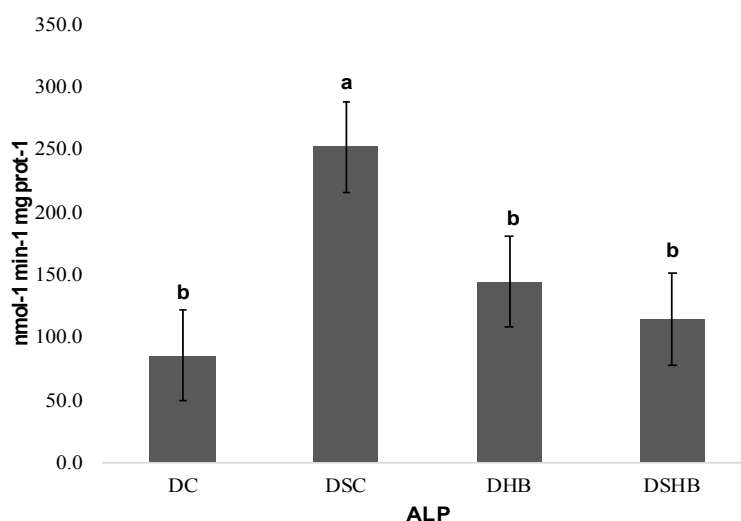
DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

Un hallazgo interesante es que el ácido clorigénico no se metaboliza en el plasma debido a que es excretado por las vías urinarias (Lafay, Morand, Manach, Besson, y Scalbert, 2006; Shukitt-Hale *et al.*, 2009). Un estudio realizado en ratas machos Wistar durante 8 días, con dietas suplementadas con ácido clorigénico, ácido cafeico y ácido quínico (en una concentración de 250 $\mu\text{mol c/u}$), reveló que el ácido clorigénico no excedió al 0.5% del porcentaje de absorción en plasma y/o orina de las ratas, no obstante, se encontró presencia de ácido hipúrico, esta molécula se deriva de los ácidos cafeico y quínico, que son compuesto del ácido clorigénico. Un punto a considerar, es que el ácido clorigénico, en su mayoría, no se absorbe en la parte proximal del intestino, sino que es hidrolizado por la microflora del intestino largo (actividad de estearasa). Se ha reportado que esta sección intestinal se encuentra el mayor porcentaje de ácido clorigénico ingerido en las dietas, concluyendo que la biodisponibilidad de este compuesto se ve reflejada en la abundancia de los metabolitos antes mencionados, dependiendo en gran parte de la microflora intestinal (Gonthier *et al.*, 2003; Dupas *et al.*, 2006).

7.4.2.7 Marcador biológico de daño hepático o alteración renal

Los resultados de fosfatasa alcalina (ALP) se muestran en la gráfica 21, se observó que el tratamiento de salchicha control (DSC) presenta la mayor actividad de la enzima ALP y a si ves esta diferencia fue significativa comparada con los otros tratamientos ($p < 0.05$). Se encontró que los resultados de este grupo experimental tuvieron hasta el doble de actividad de la ALP que los grupos experimentales DC ($84 \text{ nmol}^{-1}\text{min}^{-1}\text{mg prot}^{-1}$), DHB ($144 \text{ nmol}^{-1}\text{min}^{-1}\text{mg prot}^{-1}$) y DSHB ($114 \text{ nmol}^{-1}\text{min}^{-1}\text{mg prot}^{-1}$). La actividad de la enzima fosfatasa alcalina se utiliza como un biomarcador de daño o alteración renal y hepática (Barriga *et al.*, 2017). Por otro lado, las enzimas ALP junto con un grupo de enzimas (AST y ALT), en el tejido hepático, juegan un papel importante en el metabolismo de los aminoácidos proporcionando productos intermedios o subproductos para otras vías como la gluconeogénesis (Malomo, 2000). Como podemos observar en la gráfica 21, el tratamiento de salchicha con berenjena redujo el efecto que provoca el modelo cárnico y al mismo tiempo restauró la funcionalidad de la enzima.

Gráfica 21: Concentración de fosfatasa alcalina (ALP) en plasma.



DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena. Los valores son el promedio de tres repeticiones. Los valores medios etiquetados con una letra diferente son significativamente diferentes ($p < 0.05$) por prueba de Duncan.

Los resultados de la actividad enzimática de ALP son congruente con la apariencia o vista de los hígados de los grupos experimentales. Claramente se puede observar el cambio de color rosa pálido del hígado del tratamiento DSC (Señalado en la imagen 2), este tratamiento fue el que mayor actividad de ALP tuvo durante el estudio. En cuanto a los demás grupos experimentales se observa un vívido color rojo, característico del tejido hepático. Se ha comprobado que la estructura funcional y la morfología de los órganos, especialmente del hígado, se modifica cuando se tienen enfermedades cardiovasculares, diabetes y otras (Sochar *et al.*, 1985).

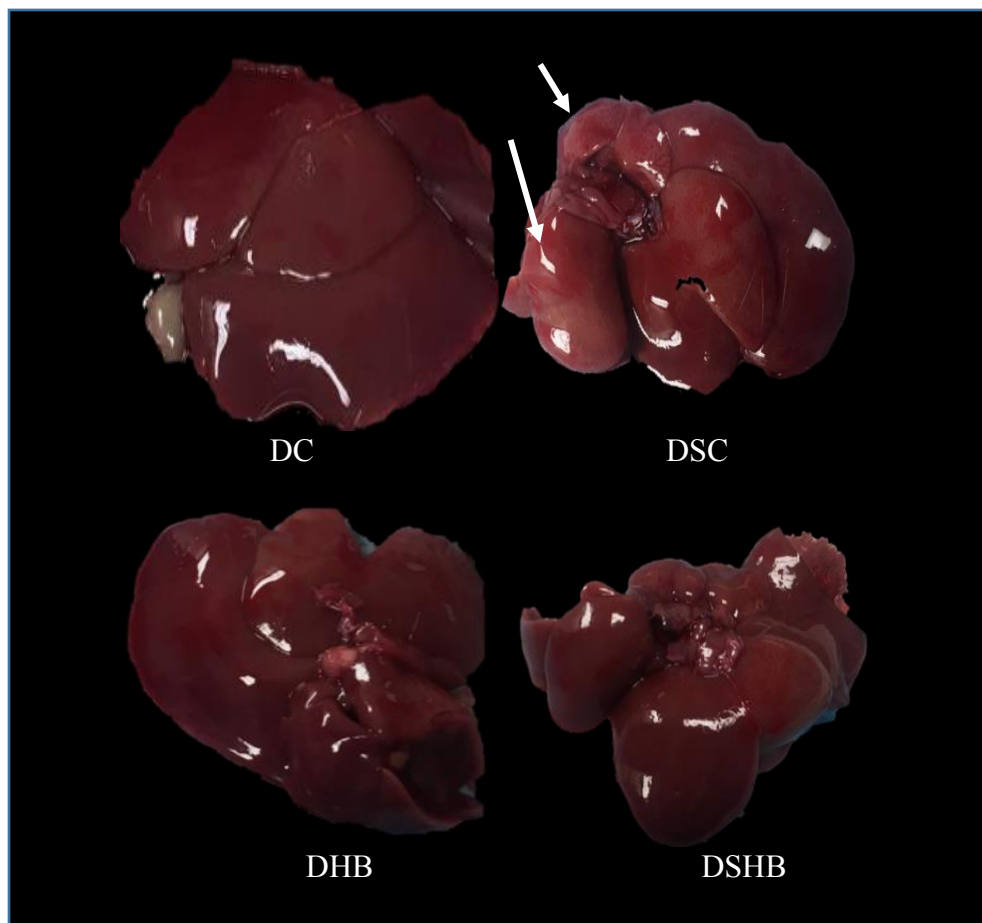


Imagen 2: Vista hígado de las ratas machos Wistar. DC: Dieta Control; DHB: Dieta Harina de Berenjena; DSC: Dieta Salchicha Control; DSHB: Dieta Salchicha con Harina de Berenjena.

Para confirmar los resultados anteriores y el efecto hepatoprotector de la harina de berenjena se realizaron las vistas histopatológicas (tinción hematoxilina-eosina) del hígado que se muestran en las siguientes imágenes (Imagen 3, Imagen 4, Imagen 5 e Imagen 6). En la vista histopatológica del grupo experimental que consumió la dieta control (Imagen 3), se observó una acumulación de depósitos de grasa en el tejido hepático. Este comportamiento también se observa en el tratamiento DSC.

El Instituto Americano de Nutrición (AIN) formuló una dieta estándar con el objetivo de su uso en experimentación con animales de laboratorio, las dietas AIN-76, AIN-76A, AIN-93G (para la fase de crecimiento) y AIN-93M (para la fase adulta). Se ha reportado que la ingesta de estas dietas puede inducir al hígado graso en ratas Wistar, sugiriendo problemas relacionados con la proporción de los macronutrientes y la cantidad de

Imagen 3: Vistas del hígado de las ratas machos Wistar con la Dieta Control (DC)

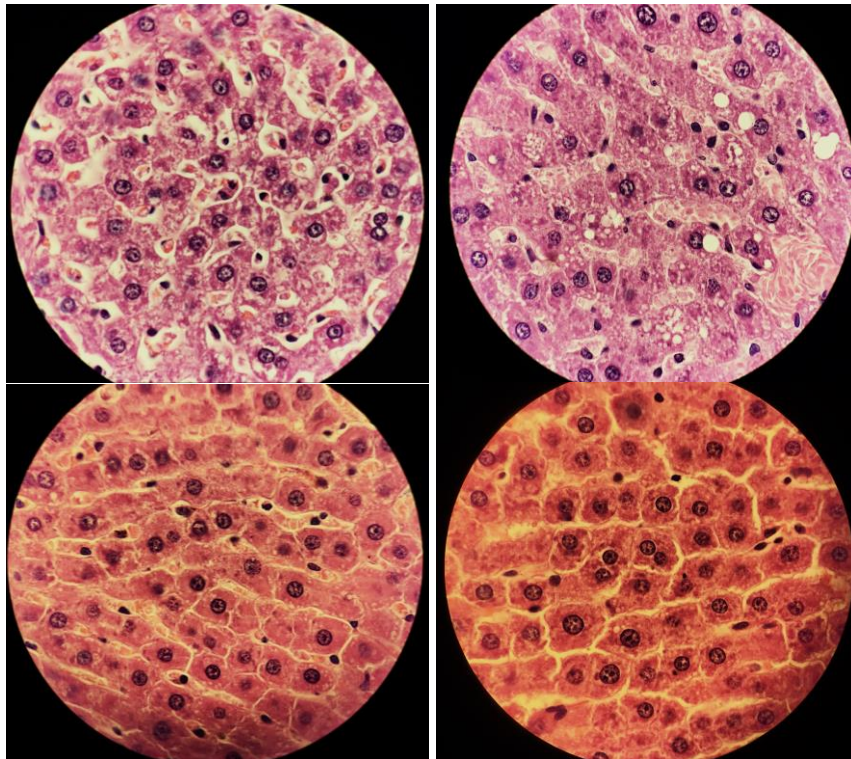


Imagen 4: Vistas del hígado de las ratas machos Wistar con la Dieta Salchicha Control (DSC)

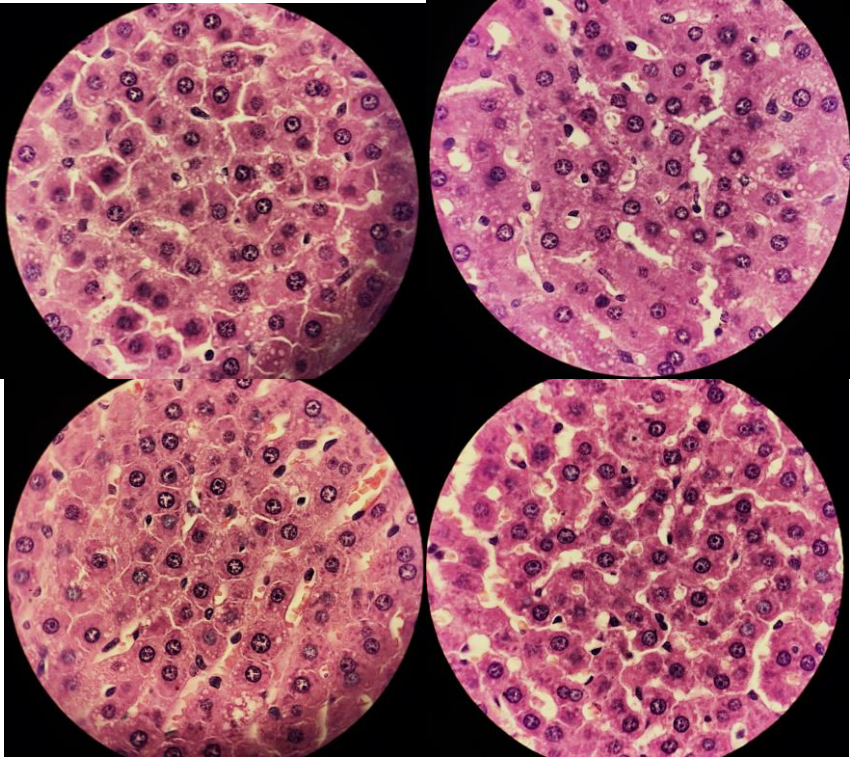


Imagen 5: Vistas del hígado de las ratas machos Wistar con la Dieta Harina de Berenjena (DHB)

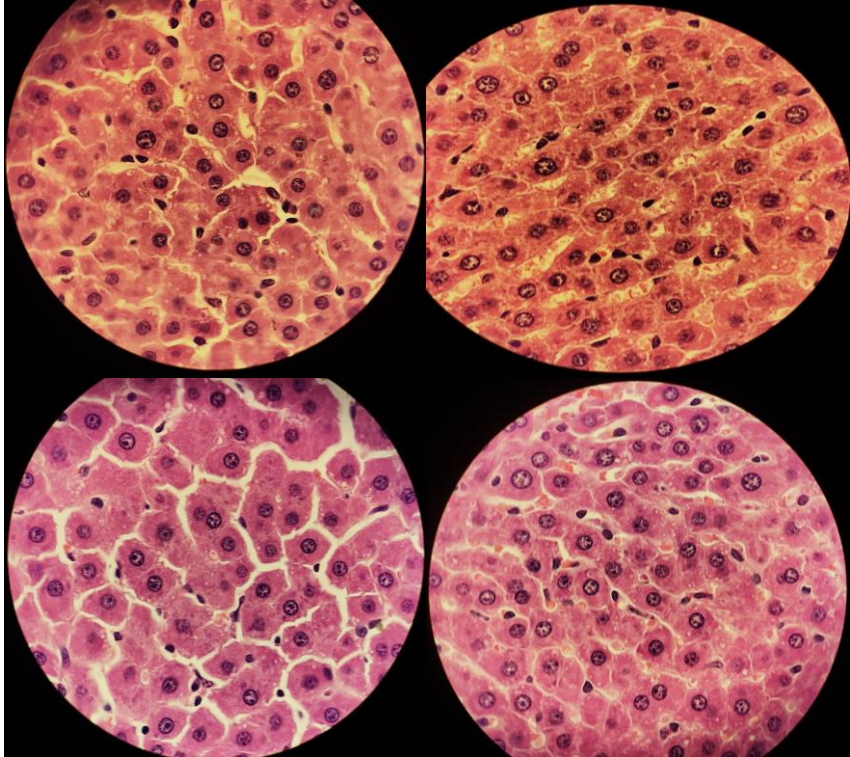
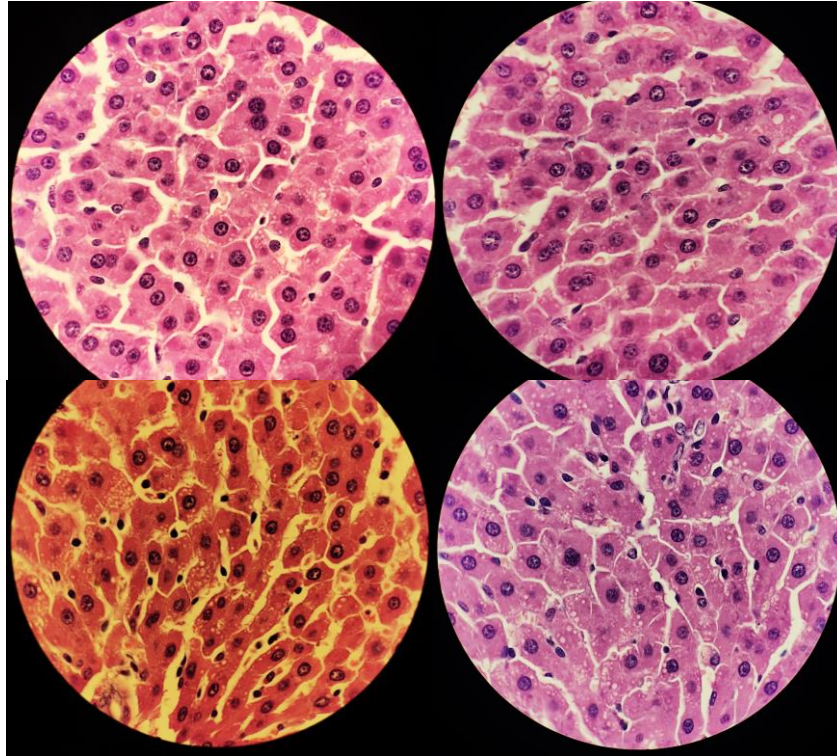


Imagen 6: Vistas del hígado de las ratas machos Wistar Dieta Salchicha con Harina de Berenjena (DSHB).



aminoácidos y colina. La colina contiene azufre, compuesto reconocido por ser un factor lipotrópico. Farias *et al.* (2015), al analizar la dieta AIN-93, encontró que su ingesta causó esteatosis hepática aguda y una acumulación de globulos grasos en las células hepáticas.

Por otro lado, en las imágenes 5 y 6 podemos observar el efecto de los tratamientos con harina de berenjena en el tejido hepático. El grupo experimental DHB, presenta una leve acumulación de globulos grasos en el tejido, comparando con el tratatamiento control (DC) significantes. El tratamiento DHB presenta solo un 20 % de sustitución y aun así se puede observar el efecto hepatoprotector de los compuestos fenólicos que tiene la harina de berenjena. Del mismo modo, el grupo experimental DSHB (imagen 6), presentó una formación normal de las células hepáticas con la aparición de muy pocos globulos grasa.

7.5 CONCLUSIONES

El consumo de harina de berenjena disminuye los niveles de colesterol y triglicéridos sanguíneos, y produce una estimulación mecánica del tránsito intestinal, favoreciendo la evacuación.

Las dietas con inclusión de harina de berenjena (DHB y DSHB) presentan una ganancia de peso menor a las dietas DC y DSC, a pesar de esto, mantienen una digestibilidad aparente de las dietas por encima del 90 %.

Las enzimas GST y ALP muestran una actividad mayor en la dieta DSC siendo diferente significativamente ($p < 0.05$) respecto a las dietas DC, DHB y DSHB.

VIII. CONCLUSIÓN GENERAL

La harina de berenjena puede ser usada como extensor cárnico sin decremento significativo de sus propiedades nutricionales y contribuye a la salud cardiovascular al disminuir los niveles de colesterol y triglicéridos sanguíneos al ser ingerido.

IX. PERSPECTIVAS

Con los resultados obtenidos en esta investigación se ofrecen alternativas de harinas con alto valor nutricional, que pueden ser ampliamente utilizadas como ingredientes en modelos cárnicos, sin limitarse su uso en otros alimentos. Sin embargo, para ser consideradas para la aplicación en la industria alimentaria se requiere la evaluación de la vida anaquel del producto con su respectiva carga microbiana. Así mismo, determinar si las harinas poseen un efecto inhibidor de actividad microbiana.

Con respecto a la berenjena, en México existe poca información sobre el uso de este vegetal, ya sea en su consumo, como un ingrediente o aditivo en los alimentos; esta investigación ofrece nuevas alternativas para el aprovechamiento de la berenjena que no cumple con las características para su comercialización en fresco.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera J, Chiralt A, Fito P. 2003. Food dehydration and product structure. *Trends Food Sci. Tech.* 14, 432-437.
- Ahn J, Grun I, Fernando L. 2002. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. *Journal of Food Science*, 67, 1364–1369.
- Ahn J, Grun I, Mustapha A. 2007. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiology*, 24, 7–14.
- Akubor P, Badifu G. 2004. Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *J. Food Sci. Technol.* 39, 223-229, DOI: 10.1046/j.0950-5423.2003.00768.x.
- Albarracín W, Acosta L, Sánchez I. 2010. Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (*Phaseolus spp.*). *Vitae*, vol. 17, núm. 3, 2010, pp. 264-271. Disponible On line: <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169815641004.pdf>
- American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: Functional foods. *J Am Diet Assoc.* 2009; 109: 735-46.
- Ansorena D, De Pefia M, Astiasarhn I, Bello J. 1997. Colour Evaluation of Chorizo de Pamplona, a Spanish Dry Fermented Sausage: Comparison Between the CIE L*a*b* and the Hunter Lab Systems with Illuminants D65 and C. *Meat Science*, Vol. 46, No. 4, 313-318.
- Apaza C, Elias C, Salvá B. 2017. Propiedades fisicoquímicas de hot-dog de carne de llama con inclusión de albúmina, goma de tara y proteína de soya. *Rev. Investig. Altoandin.* Vol 19 No 4: 367 – 372. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.310>
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1998. official methods of analysis of international, Association of Official Analytical Chemist (AOAC), official methods of analysis of international. 16th Ed. Maryland, USA.

- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2006. Official Methods of Analysis of International, 17th ed.; AOAC: Gaithersburg, MD, USA; ISBN 0935584773-9780935584776.
- Asociación Mexicana de Cardiología. 2013. Guía de Tratamiento Farmacológico de Dislipidemias para el primer nivel de atención, Rev. Mex. Cardiol vol.24 no.3, México.
- Assmann G, Schulte H. 1988. The Prospective Cardiovascular Münster (PROCAM) study: prevalence of hyperlipidemia in persons with hypertension and/or diabetes mellitus and the relationship to coronary heart disease. Am Heart J 116: 1713-1724.
- Arihara K. 2006. Strategies for designing novel functional meat products. Meat Science, 74(1), 219-229
- Arnao M, Cano A, Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chem. 73, 239–244, DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00324-1.
- Armenteros M, Ventanas S, Morcuende D, Estévez M, Ventanas J. 2012. Empleo de antioxidantes naturales en productos cárnicos. Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. N° 207. .
- Arihara K, 2006. Strategies for designing novel functional meat products. Meat Science, 74(1), 219-229.
- Atlas Agroalimentario. 2017. Available online: <http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=1> (accessed on 26 March 2018)
- Ataide T, Oliveira S, Silva F, Vitorino Filha L, Tavares M, Sant’Ana A. 2009. Toxicological analyses of the chronic consumption of diheptanoin and triheptanoin in rats. Int J Food Sci & Tech 44:484-92.
- Badui S. 1998. Diccionario de tecnología de los alimentos, primera edición. Editorial Alhambra mexicana, S. A. de C.V. amores 2027. 03100 México, D.F.

- Badui S. 2013. Química de los Alimentos. 5ª edición. Pearson Educación, México. Capítulo 9.
- Badui S. 2013. Química de los alimentos. Capítulo 2: Hidrato de Carbono. Pag. 45. Quinta edición. Pearson educación de México, S. A. De C. V.
- Bahorun T, Luximon R, Crozier A, Aruoma O. 2004. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *J. of the Sci. Food and Agri.*, 84: 1553-1561
- Bang M, Kim H, Cho Y. 2009. Alterations in the blood glucose, serum lipids and renal oxidative stress in diabetic rats by supplementation of onion (*Allium cepa*. Linn). *Nutrition research and practice* Autumn; 3(3): 242-246. doi: 10.4162/nrp.2009.3.3.242.
- Barriga-Vallejo, Aguilera C, Cruz J, Banda-Leal J, Lazcano D, Mendoza R. 2017. Ecotoxicological Biomarkers in Multiple Tissues of the Neotenic *Ambystoma* spp. for a Non-lethal Monitoring of Contaminant Exposure in Wildlife and Captive Populations. *Water Air Soil Pollut* 228:415 <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3590-3>
- Bazzano L, He J, Ogden L, Loria C, Whelton P. 2003. Dietary Fiber Intake and Reduced Risk of Coronary Heart Disease in US Men and Women. *The Journal of American Medical Association. Arch Intern Med.* 163(16):1897-1904. doi:10.1001/archinte.163.16.1897.
- Beuchat, L. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agric. Food Chem.* 25, 258-263, DOI: doi/pdf/10.1021/jf60210a044. Available online: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf60210a044>
- Boatella J, Codony R, López P. 2004. Química y bioquímica de los alimentos II: propiedades funcionales de los ingredientes de los alimentos, Pagina 15. Publicaciones Universidad de Barcelona, España. ISBN 84-475-2838-3.
- Boulekbache-Makhlouf L, Medouni L, Medouni-Adrar S, Arkoub L, Madani K. 2013. Effect of solvents extraction on phenolic content and antioxidant activity of

- the byproduct of eggplant. *Ind. Crop. Prod.* 49, 668–674, DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.06.009.
- Botelho F, Enéas L, Cesara G, Bizzotto C, Tavares É, Oliveira F, Gloria M, Silvestre M. 2004. Effects of eggplant (*Solanum melongena*) on the atherogenesis and oxidative stress in LDL receptor knock out mice. *Food and Chemical Toxicology* 42 1259–1267
- Botterweck A, Verhagen H, Goldbohm R, Kleinjans J, Van den Brandt P. 2000. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: Results from analyses in the Netherlands cohort study. *Food Chem. Toxicol.* 2000, 38, 599–605.
- Brannan R. 2008. Effect of grape seed extract on physicochemical properties of ground, salted, chicken thigh meat during refrigerated storage at different relative humidity levels. *Journal of Food Science*, 73, C36–C40.
- Cai H, Harrison D. 2000. "Endothelial dysfunction in cardiovascular diseases: the role of oxidant stress." *Circ Res* 87(10): 840-4.
- Candogan K, Kolsarici N. 2003. Storage stability of low-fat beef frankfurters formulated with carrageenan or carrageenan with pectin. *Meat Science*, 64, 207e214.
- Capurro J, Huerta D. 2016. Elaboracion de galletas fortificadas con sustitucion parcial de harina de trigo por harina de kiwicha (*amaranthus caudatus*), quinua (*cheropodium quinoa*) y maiz (*Zea mays*). <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2629/42894%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carpenter R, O'Grady M, O'Callaghan Y, O'Brien, N, Kerry J. 2007. Evaluation of the antioxidant potential of grape seed and bearberry extracts in raw and cooked pork. *Meat Science*, 76, 604–610.
- Carrasco R, Serna L. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 31(1): 225-230, jan.-mar. 225 <http://www.scielo.br/pdf/cta/v31n1/35.pdf>

- Chau C, Cheung C. 1998. Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chem.* 1998, 61, 429-433, DOI: 10.1016/S0308-8146(97)00091-5.
- Chel-Guerrero L, Perez V, Betancur D, Dávila G. 2002. Functional properties of flours and protein isolate from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.* 50, 584-59, DOI: 10.1021/jf010778j.
- Chawla R, Patil G. 2010. Soluble dietary fiber. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9 (2), 178-196.
- Choi Y, Kim H, Hwang K, Song D, Choi J, Lee M. 2014. Physicochemical properties and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters with pork back fat replaced by dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science*, 96(3), 892e900.
- Chun-Wai Wang, Ngai-Yan Wong, Wing-Kwan Pin, Marcus Ho-Yin Wong, Ching-Yee Kwok, Robbie Yat-Kan Chan, Peter Hoi-Fu Yu, Shun-Wan Chan. 2012. Chlorogenic Acid Exhibits Cholesterol Lowering and Fatty Liver Attenuating Properties by Up-regulating the Gene Expression of PPAR- α in Hypercholesterolemic Rats Induced with a High -Cholesterol Diet. *Phytotherapy Research*, 27(4), 545–551. <https://doi.org/10.1002/ptr.4751>
- Criollo P, Fajardo S. 2010. Valor nutritivo y funcional de la harina de amaranto (*amaranthus hybridus*) en la preparación de galletas. Universidad de cuenca facultad de ciencias quimicas escuela de bioquimica y farmacia cuenca – ecuador. Consultado el 25 de Diciembre del 2018 en internet <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2422/1/tq1013.pdf>
- Colorhexa. Color encyclopedia: information and conversion. Computer software, Available online: <http://www.colorhexa.com/> (Accessed 28 August 2018).
- Czerwinski J, Bartnikowska E, Leontowicz H, Lange E, Leontowicz M, Katrich E, Trakhtenberg S, Gorinstein S. 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in

- rats fed cholesterol- containing diets. *Journal of Nutritional Biochemistry* 15 622–629
- Decker E, Park Y. 2010. Healthier meat products as functional foods. Elsevier. Volume 86, Issue 1, September 2010, Pages 49–55.
- De la Vega A, López I. 2012. Antioxidant properties of plum peel applied to meat batter. *Nacameh*: Vol. 6, No. 2, pp. 33-39.
- Demirel D, Turhan M. 2003. Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices. *J. Food Eng.* 59, 1–11, DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00423-5.
- Dueñas, J. 2009. Tesis: Extracción y Caracterización de Principios Activos de Estructura Fenólica Con Propiedades Antioxidantes y Antibacterianas, a Partir de Residuos del Procesamiento de Alcachofas. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Disponible en Internet: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/877>
- Dupas C, Marsset A, Ordonaud C, Tome D, Maillard M. 2006. Chlorogenic acid is poorly absorbed, independently of the food matrix: A Caco-2 cells and rat chronic absorption study. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(11), 1053– 1060. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600034>
- Escudero P, González. 2006. La fibra dietética. *Nutr. Hosp.* (2006) 21 (Supl. 2) 61-72 ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ S.V.R. 318 Disponible en internet: <http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>
- Escudero E, González P. 2006. La fibra dietética. *Revista Nutrición Hospitalaria. Nutr. Hosp.* 21 (Supl. 2) 61-72.
- Nwanna E, Ibukun O, Ganiyu Oboh. 2019. Nutritional content of selected species of tropical eggplant fruit (*Solanum* spp) diet Attenuates hepatic inflammation in high-fat fed male Wistar rats induced with streptozotocin. *Food Sci Nutr.* 7:109–119. DOI: 10.1002/fsn3.811
- Espinosa Ibañez, O. 2007. TESIS: Estrés oxidativo y expresión de proteínas relacionadas en enfermedades de alto riesgo cardiovascular : estudio especial

de la hipertensión arterial. Encontrado online:
<https://www.tesisenred.net/handle/10803/9546>

Lawrence E, Tongo Isioma. 2010. Acute toxic effects of Endosulfan and Diazinon pesticides on adult amphibians (*Bufo regularis*). *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology* Vol. 2(5), pp. 73-78. Available online <http://www.academicjournals.org/jece>

Falcón M, Barrón J, Romero A, Domínguez M. 2011. Efecto adverso en la calidad proteica de los alimentos de dietas con alto contenido de fibra dietaria. *Rev Chil Nutr* Vol. 38, No3.

FAO/WHO. 2008. Report of the 29th session of the Codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. Geneva, FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. 87 pp.

Fan Y, Li J, Yin Q, Zhang Y, Xu H, Shi X, Li C, Zhou Y & Zhou C. 2014. Effect of extractions from *Ephedra sinica* Stapf on hyperlipidemia in mice. *Revista Medicine Research and Experimental*, pp: 619-625, DOI: 10.3892/etm.2014.2117.

Fasasi O, Eleyinmi A, Fasasi A, Karim O. 2004. Chemical properties of raw and processed breadfruit (*Treculia africana*) seed flour. *J. Food Agric. Environ*, 2, 65-68.

Frølich W, Asp N. 1981. Dietary fiber content in cereals in Norway. *Cereal Chem.*, 58(6): 524-527 disponible en internet: http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1981/Documents/chem58_524.pdf

Fu, L.; Xu, B.-T.; Xu, X.-R.; Qin, X.-S.; Gan, R.-Y.; Li, H.-B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 wild Fruits from South China. *Molecules* 2010, 15, 8602–8617.

García O, Aiello C, Peña M, Ruíz J, Acevedo I. 2012. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometido a diferentes procesamientos. *Revista*

- Científica UDO Agrícola, 12 (4): 919-928. Disponible en internet: <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12105>
- García T. 2008. Industrialización integral de la alcachofa en pasta nutricional y para alimentos balanceados. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial. Vol. 11(1): pp 37-46 UNMSM. ISSN: 1560-9146 (Impreso) / ISSN: 1410-9993 (Electrónico). <https://www.redalyc.org/pdf/816/81611211006.pdf>
- García G, Quintero R, López M. 2007. Biotecnología Alimentaria. Limusa Editores. México. Capítulo 7.
- Giraldo A, Velasco R, Villada H. 2008. Digestibilidad Aparente de una Harina Proveniente de Hojas de Yuca (Manihot esculenta Crantz). Información Tecnológica. Vol. 19(1), 11-18.
- Gonzalez G, Gonzalez A, Vallejo B, Alvarez P, Garcia H. 2014. Los alimentos funcionales: un nuevo reto para la industria de alimentos. Capítulo 12. ATG Editor, S.A. México, 11800, D. F.
- Goñi I, Serrano J. 2005. The intake of dietary fiber from grape seeds modifies the antioxidant status in rat cecum. Journal of the Science of Food and Agriculture (J Sci Food Agric) 85:1877–1881. DOI: 10.1002/jsfa.2213
- Gonthier M, Verny M, Besson C, Remesy C, Scalbert A. 2003. Chlorogenic acid bioavailability largely depends on its metabolism by the gut microflora in rats. The Journal of Nutrition, 133(6), 1853–1859. <https://doi.org/10.1093/jn/133.6.1853>
- Granito M, Guerra M, Torres A, Guinand J. 2004. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de vigna sinensis. Interciencia. 29(9), 521-526.
- Gresele P, Cerletti C, Guglielmini G, Pignatelli P, de Gaetano G, Violi F. 2011. Effects of resveratrol and other wine polyphenols on vascular function: An update. J. Nutr. Biochem., 22, 201–211
- Halliwell B. 1991. Reactive oxygen species in living systems: source, biochemistry and role in human disease. Elsevier, Volume 91, Issue 3, Supplement 3, 30, Pages S14–S22.

- Han-Sul Yang, Sung-Gil Choi, Jin-Tae Jeon, Gu-Boo Park, Seon-Tea Joo. 2007. Textural and sensory properties of low fat pork sausages with added hydrated oatmeal and tofu as texture-modifying agents. *Meat Science* 75 283–289
- Heredia A, Barrera C, Andrés A. 2007. Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *J. Food Eng.* 1, 111-118.
- Hernández S, Güemes N. 2010. Efecto de la Adición de Harina de Cascara de Naranja sobre las Propiedades Fisicoquímicas, Texturales y Sensoriales de Salchichas Cocidas. *NACAMEH* Vol. 4, No. 1, pp. 23-36.
- Hodge J, Osman E. 1976. Carbohydrates, principles of food science. Part I. In *Food chemistry*. Fennema RO ed.;. New York: Marcel Dekker Inc. P. 97–200.
- Hincapié G, Omaña M, Hincapié C, Arias Z, Vélez L. 2010. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Rev. Lasallista de Invest.* 7, 2, 85-93.
- Hussain J, Rehman N, Khan A, Hussain H, Al-Harrasi A, Ali L, Sami F, Shinwari Z. 2011. Determination of macro and micronutrients and nutritional prospects of six vegetable species of Mardan, Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 43, 2829–2833.
- Hunyadi A, Martins A, Hsieh T, Seres A, Zupko I. 2012. Chlorogenic Acid and Rutin Play a Major Role in the In Vivo Anti-Diabetic Activity of *Morus alba* Leaf Extract on Type II Diabetic Rats. *PloS one* (Vol. 7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050619>
- Huang Y, Stegeman J, Woodin B, Karasov W. 2001. Immunohistochemical localization of cytochrome P450 1A induced by 3,3', 4,4', 5-pentachlorobiphenyl (PCB 126) in multiple organs of northern leopard frogs, *Rana pipiens*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(1), 191–197. <https://doi.org/10.1002/etc.5620200122>.
- Jiménez F, Carballo J. 1989. Principios básicos de elaboración de embutidos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias, volúmenes 4-89 de Hojas divulgadoras.

- Jiménez-Colmenero F, Herrero A, Pintado T, Solas M, Ruiz-Capillas C. 2010. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. *Food Research International* 43 2068–2076. Disponible online en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910002176>
- Karre L, Lopez K, Getty K. 2013. Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science* 94 220–227. Disponible On line: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013000302>
- Kaur M, Sandhu K, Singh N. 2007. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food Chem.* 104, 259–67, DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.11.037.
- Khalid E, Babiker E, El-Tiany E. 2003. Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chem.* 82: 361-366. <https://eurekamag.com/pdf/003/003938222.pdf>
- Konrad H, Aggett P, Anton R, Bernstein P, Blumberg J, Heaney R, Henry J, Nolan J, Richardson D, Ommen B, Witkamp R, Rijkers G, Zöllner I. 2011. 26th Honhenhein Consensus Conference. Scientific substantiation of health claims: Evidence-based nutrition. *Nutrition* 2011: 27: S1-S20.
- Laguerre M, Lecomte J, Villeneuve P. 2007. Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges. Elsevier, Volume 46, Issue 5, September 2007, Pages 244–282
- Bravo L, Mañas E, Fulgencio S. 1993. Dietary Non-extractable Condensed Tannins as Indigestible Compounds: Effects on Faecal Weight, and Protein and Fat Excretion. *J SciFood Agric* 0022-5142/93/\$06.00 0 1993 SCI. Printed in Great Britain
- Lee Y, Morr C. 1994. Changes of headspace volatile compounds due to oxidation of milk fat during storage of dried dairy products. *Lipids in Food Flavors.* 1994, 7, 98-107.

- Lee E, Ahn D. 2005. Quality characteristics of irradiated turkey breast rolls formulated with plum extract. *Meat Science*, 71, 300–305.
- Li K, Kaaks R, Linseisen J, Rohrmann S. 2011. Vitamin/mineral supplementation and cancer, cardiovascular, and all-cause mortality in a German prospective cohort EPIC-Heidelberg. *Revista Eur J Nutr* (2012) 51:407–413
- Lin Y, Cheng C, Lin Y, Lau Y, Juan I, Lin J. 1998. Hypolipidemic Effect of Green Tea Leaves through Induction of Antioxidant and Phase II Enzymes Including Superoxide Dismutase, Catalase, and Glutathione S-Transferase in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry - J AGR FOOD CHEM* (Vol. 46). <https://doi.org/10.1021/jf970963q>
- Liu S, Buring J, Sesso H, Rimm E, Willett W, Manson J. 2002. A Prospective Study of Dietary Fiber Intake and Risk of Cardiovascular Disease Among Women. *Journal of the American College of Cardiology*: Vol. 39, No. 1, 2002. Boston, Massachusetts.
- Lo Scalzo R, Fibiani M, Francese G, D'Alessandro A, Rotino G, Conte P, Mennella G. 2016. Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Food Chem.* 194, 835–842.
- Luis Elías. 1996. Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas. *Bol. Oficina sanit panam* 121 (1), 1996. Encontrado el 24 de enero en <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/15443/v121n2p179.pdf?sequence=1>
- Mahmoud, M. 1994. Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technology*, 1994, 48, 89-95.
- Mendoza E, Quiroz M, Pacheco O. 2004. Introducción a la tecnología de alimentos: Capítulo 3, Tecnología de productos cárnicos. Limusa (eds), Mexico, D.F.
- Mendoza A. 2014. Caracterización nutracéutica y actividad antioxidante del polen de diferentes colmenas de abeja (*Apis mellifera*) de la empresa apicare,

- Riobamba. Tesis de grado. Escuela superior politécnica de chimborazo: facultad de ciencias escuela de bioquímica y farmacia. Riobamba – Ecuador
- Mielnik M, Olsen E, Vogt G, Adeline D, Skrede G. 2006. Grape seed extract as antioxidant in cooked, cold stored turkey meat. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie—Food Science and Technology*, 39, 191–198.
- Montoya-L’Pez1, Giraldo-Giraldo, Lucas-Aguirre. 2012. Determinación del índice de Blancura en Harina de Trigo Comercial. *Vitae* 19 (Supl. 1). Disponible en internet: <https://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914130.pdf>
- Morales J, García R, Flores E, Martínez L. 2012. Evaluación de los métodos de la normatividad mexicana para la determinación de nitritos en alimentos infantiles. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. 62 N° 3, 2012.
- Murakami K, Sasaki H, Okubo Y, Takahashi Y, Hosoi Y, Itabashi M. 2007. Dietary fiber intake, dietary glycemic index and load, and body mass index: A cross-sectional study of 3931 Japanese women aged 18-20 years. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 61(8): 986-995.
- Muy-Rangel D, Siller-Cepeda J, Garcia-Estrada R, Baez-Sanudo M. 2002. Caracterización poscosecha de berenjenas producidas en Sinaloa, Mexico. *Rev. Chapingo Serie Hortic.* 8, 171–181.
- Nasir M, Butt M, Anjum F, Sharif K, Minhas R. 2003. Effect of moisture on the shelf life of wheat flour. *Int. J. Agric. Biol.* 5(4), 458-459.
- Ninfalli V, Mea G, Giorgini S, Rocchi M, Bacchiocca M. 2005. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *Brit. J. Nutr.* 93(2), 257-266, DOI: 10.1079/BJN20041327.
- Nino-Medina G, Urias-Orona V, Muy-Rangel M, Heredia J. 2017. Structure and content of phenolics in eggplant (*Solanum melongena*)—A review. *S. Afr. J. Bot.* 2017, 111, 161–169.
- Nisha P, Nazar N, Jayamurthy P. 2009. A comparative study on antioxidant activities of different varieties of *Solanum melongena*. *Food Chem. Toxicol.* 2009, 47(10), 2640-2644, DOI: 10.1016/j.fct.2009.07.026.

- Noor A, Komathi C. 2009. Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour. *J. Food Sci.* 2009, 74(7), S328–S333, DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01298.
- Norma Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994. Proceso sanitario de la carne.
- Norma Oficial Mexicana NOM-044-FITO-1995. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarios para la importación de nueces, productos y subproductos vegetales procesados y deshidratados.
- Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio.
- Norma Oficial Mexicana NOM-213-SSA1-2002, Productos y servicios. Productos cárnicos procesados. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Norma Oficial Mexicana, NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
- Nunez de Gonzalez M, Boleman R, Miller R, Keeton J, Rhee K. 2008. Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage. *Journal of Food Science*, 73, H63–H71.
- Nunez de Gonzalez M, Hafley B, Boleman R, Miller R, Rhee K, Keeton J. 2008. Antioxidant properties of plum concentrates and powder in precooked roast beef to reduce lipid oxidation. *Meat Science*, 80, 997–1004.
- Ogunbenle. 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54:2, 153-158, DOI: 10.1080/0963748031000084106. Disponible online: <https://doi.org/10.1080/0963748031000084106>
- Okmen B, Sigva H, Mutlu S, Doganlar S, Yemenicioglu A, Frary A. 2009. Total antioxidant activity and total phenolic contents in different Turkish eggplant

- (*Solanum melongena* L.) Cultivars. *Int. J. Food Prop.* 2009, 12(3), 616-624, DOI: 10.1080/10942910801992942.
- Olagnero G, Abad A, Bendersky S, Genevois C, Granzella L, Montonati M. 2007. Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *DIAETA* (B.Aires) (25)21. Disponible online: <http://andeguat.org.gt/wp-content/uploads/2015/03/Alimentos-funcionales-fibra-prebióticos-probióticos-y-simbióticos1.pdf>
- Olvera-Hernández V, Aparicio-Trápala M, Ble-Castillo J, Muñoz-Cano J, Rodríguez-Blanco L. 2012. Effect of banana resistant starch (*Musa cavendish* AAA) on metabolic control in wistar rats with a high-sucrose diet. *Universidad y ciencia tropic humedo.* 28(1):51-56.
- OMS, consultado el 11 de junio 2019. https://www.who.int/cardiovascular_diseases/es/
- Oshodi A, Ogungbenle H, Oladimeji M. 1999. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed, pearl millet and quinoa flours. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 50, 325 /331.
- Pasquel A, 2001. Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, v.1, n° 1, p. 1 – 8.
- Plazas M, Andújar I, Vilanova S, Hurtado M, Gramazio P, Herraiz F, Prohens J. 2013. Breeding for Chlorogenic Acid Content in Eggplant: Interest and Prospects. *Not Bot Horti Agrobo*, 41(1):26-35
- Prandl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell, H. 1994. *Tecnología e higiene de la carne.* Capítulo 4. Editorial Acriba, S.A. Zaragoza, España
- Prinyawiwatkul W, Mcwatters K, Beuchat L, Phillips R. 1997. Physicochemical and sensory properties of chicken nuggets extended with fermented cowpea and peanut flours. *J Agric Food Chem.* May; 45 (5): 1891-1899.
- Price M, Van S, Butler L. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannins in sorghum grains. *J. Agric. Food Chem.* 1978, 26, 1214-1218, DOI: 10.1021/jf60219a031. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf60219a031>

- Poveda E, Ayala P, Rodríguez M, Ordóñez E, Baracaldo C, Delgado W, Guerra M. 2005. Efecto del suplemento de aceites vegetales sobre el perfil lipídico en ratas Wistar. *Biomédica* 2005;25:101-9
- Pupo E, Robles L, Campaña I. 2017. Estrés oxidativo. *ccm* vol.21 no.1 Holguín ene.-mar. 2017. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812017000100014
- Que F, Mao L, Fang X, Wu T. 2008. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *Int. J. Food Sci. Tech.* 2008, 43, 1195-1201, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01590.x.
- Raigón M, Prohens J, Muñoz-Falcón J, Nuez F. 2008. Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *J. Food Compos. Anal.*, 2008, 21(5), 370-376, DOI: 10.1016/j.jfca.2008.03.006.
- Ramos D, San Martín V, Rebatta M, Arbaiza T, Salvá B, Caro I, Mateo I. 2014. Características fisicoquímicas de la salchicha de cerdo del departamento de Tumbes, Perú. *Salud tecnol. vet.* 2014;2: 120-128. <http://www.upch.edu.pe/vrinve/dugic/revistas/index.php/STV/article/view/2249> DOI: <https://doi.org/10.20453/stv.v2i2.2249>
- Rengifo L, Ordóñez E. 2012. Efecto de la temperatura en la capacidad de retención de agua y PH en carne de res, cerdo, pollo, ovino, conejo y pescado paco. Primera edición digital. Editora Guzlop, Lima - Perú. 2012. Disponible On line: http://www.guzlop-editoras.com/web_des/ing01/alimentaria/pld0351.pdf
- Repo-Carrasco R, Pilco J, Encina-Zelada C. 2011. Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.). *revista universitaria Ulima.* 10.26439/ing.ind2011.n029.235 http://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/235
- Rodríguez J, Aranceta J, Blay G, Echevarría F, Gil I, Hernández M, Iglesias J, López M. 2018. Guía de Buena Práctica Clínica en Alimentos funcionales y salud.

Consultado el 17 de diciembre de 2018 en internet :
https://www.cgcom.es/sites/default/files/gbpc_alimentos_funcionales.pdf

- Rodríguez-Miranda J, Rivadeneyra-Rodríguez J, Ramírez-Rivera E, Juárez-Barrientos J, Herrera-Torres E, Navarro-Cortez O, Hernández-Santos B. 2011. Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. *Revista ciencia y mar* 2011, XV (43) :37-47. Disponible online: <http://www.umar.mx/revistas/43/0430104.pdf>
- Sousa S, Fragoso S, Penna C, Arcanjo N, Silva F, Ferreira V, Barreto M, Araújo I. 2017. Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. *Food Science and Technology* 76 320e325
- Sangnark A, Noomhorm A. 2004. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food Res. Int.* 2004, 37, 66–74, DOI: 10.1111/j.1750-3841.2009.01298.x.
- San José R, Sánchez M, Cámara M, Prohens J. 2013. Composition of eggplant cultivars of the Occidental type and implications for the improvement of nutritional and functional quality. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2013, 48, 2490–2499
- Santas J, Carbó R, Gordon M, Almajano M. 2008. Comparison of the antioxidant activity of two Spanish onion varieties. *Food Chem.*, 107: 1210 1216.
- Santos F, Suruagy M, Lima S, Porto J, Rego C, Sofia I, Bezerra N, Duarte J, Goulart A, Rocha T. 2015. Dietary intake of AIN-93 standard diet induces fatty liver with altered hepatic fatty acid profile in Wistar rats. *Nutr Hosp.* 31(5):2140-2146.
- Scott M, Ivor J, Gregory L, Alan C, Robert H, Howard B, Sidney C, Sowers J. 1999. Diabetes and cardiovascular disease: a statement for health care professionals from the American Heart Association. *Circulation.* 1999; 100: 1134–1146. <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.100.10.1134>
- Sharma G, Prasad S. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave–hot air combination. *J. Food Eng.* 2001, 50, 99-105.

- Skibsted L. 1992. Cured meat products and their meat oxidative stability. En D.A. Ledward, D.E. Johnston y M.K. Knight (Eds), *The Chemistry of muscle-based Foods* (pp. 266-287). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Singleton V, Orthofer R, Lamuela-raventos R. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999, 299, 152-178, DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1. Available online: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Socarrás M, Bolet M. 2010. Alimentación saludable y nutrición en las enfermedades cardiovasculares: Healthy feeding and nutrition in cardiovascular diseases. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*: vol. 29(3)353-363
- Sochar M, Baquer N, Mclean P. 1985. Glucose underutilization in diabetes. Comparative studies on the changes in the activities of enzymes of glucose metabolism in rat kidney and liver. *Molecular Physiology*, 7, 51–68.
- Suárez B, Álvarez Á, García Y, Barrio G, Lobo A, Parra F. 2009. Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace. *Food Chem.* 2010, 120(1), 339–342, DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.073. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.073>
- Tai Z, Cai L, Dai L, Dong L, Wang M, Yang Y, Cao Q, Ding Z. 2011. Antioxidant activity and chemical constituents of edible flower of *Sophora viciifolia*. *Food Chem.* 2011, 126(4), 1648-54, DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.048. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.048>
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Hawkins Byrne D. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J. Food Compos. Anal.* 2006, 19(6), 669–75, DOI: 10.1016/j.jfca.2006.01.003. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Tomás-Barberán F, Ferreres F, Gil M. 2000. Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Stud. Nat. Prod. Chem.* 2000, 23, 739-795, DOI: 10.1016/S1572-5995(00)80141-6.

- Toldra F, Reig M. 2011. Innovations for healthier processed meats. Trends in Food Science and Technology. Elsevier: Volume 22, Issue 9, September 2011, Pages 517–522.
- Trout G, Schmidt G. 1983. Utilization of Phosphates in Meat Products. Reciprocal Meat Conference Proceedings, Volume 36. 1983. Disponible on line en : https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1983/utilization-of-phosphates-in-meat-products.pdf?sfvrsn=8c1abbb3_2
- Kandoliya K, Bajaniya V, Bhadja N, Bodar N, Golakiya A. 2015. Antioxidant and Nutritional Components of Egg plant (*Solanum melongena* L) Fruit Grown in Saurashtra Region. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci (2015) 4(2): 806-813 <https://www.ijcmas.com/vol-4-2/Umesh%20K.%20Kandoliya,%20et%20al.pdf>
- United States Department of Agriculture Agricultural Research Service (USDA) Food Composition Databases. Artichokes (globe or french), raw. Consultado el 25 de Diciembre del 2018 en internet: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11007?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=Artichokes%2C+%28globe+or+french%29%2C+raw&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- Uthumporn U, Fazilah A, Tajul A, Maizura M, Ruri A. 2016. Physico-chemical and antioxidant properties of eggplant flour as a functional ingredient. Adv. J. of Food Sc. and Techn. 2016, 12, 5, 235-243, DOI: 10.19026/ajfst.12.2905. Available online: <https://maxwellsci.com/msproof.php?doi=ajfst.12.2905>
- Valenzuela A, Valenzuela R, Sanhueza J, Morales G. 2014. Functional foods, nutraceuticals and foshu: are we going to a novel food concept? Rev Chil Nutr (41) 2. Disponible online: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v41n2/art11.pdf>
- Vásquez L, Soto D, Cordero D, Granados M, Islas A, Verdú S, Grau R, Barat J. 2018. Utilización de harina de sorgo tratada térmicamente como una alternativa en la sustitución de harina de trigo en panificación. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 19, núm. 2, 2018 Asociación Iberoamericana de

- Ventanas, S. (2006). Influencia de la raza y de la alimentación sobre el contenido y características de la grasa intramuscular del lomo de cerdo ibérico: Efecto sobre parámetros determinantes de la calidad. (Tesis Doctoral). Universidad de Extremadura, Facultad de Veterinaria. Cáceres, España.
- Vega-Gálvez A, Ah-Hen K, Chacana M, Vergara J, Martínez-Monzó J, García-Segovia P, Lemus-Mondaca R, Di Scala K. 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, color, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chem.* 2012, 132, 51–59, DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.029. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.029>
- Vicente S, Ishimoto E, Torres E. 2014. Coffee Modulates Transcription Factor Nrf2 and Highly Increases the Activity of Antioxidant Enzymes in Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014 62 (1), 116-122
DOI: 10.1021/jf401777m <https://doi.org/10.1021/jf401777m>
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernández-López J, Pérez-Álvarez J. 2010. Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. *LWT - Food Science and Technology* 43 (2010) 958–963
- Warris P, Brown S, Adams S. 1990. Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Science*, 28, 321–329
- Wang J, 1997. Multicentre clinical trial of the serum lipid lowering effects of a *Monascus purpureus* (read east) rice preparation from traditional Chinese medicine. *Current Therapeutic Research*, 58: 964-978.
- Wolk A, Manson J, Stampfer M, Colditz G, Hu F, Speizer F, Hennekens C, Willett W. 1999. Long-term Intake of Dietary Fiber and Decreased Risk of Coronary Heart Disease Among Women. *The Journal of American Medical Association*. *JAMA*. 281(21):1998-2004. doi:10.1001/jama.281.21.1998

- Wong K, Cheung P. 2003. Effect of fiber-rich brown seaweeds on protein bioavailability of casein in growing rats. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, (2003) 54:4, 269-279. <http://dx.doi.org/10.1080/09637480120092099>
- Xiong L, Yang J, Jiang Y, Lu B, Hu Y, Zhou F, Mao S, Shen C. 2014. Phenolic compounds and antioxidant capacities of 10 common edible flowers from China. *J. Food Sci.* 2014, 79, C517–C525. DOI: 10.1111/1750-3841.12404.
- Yamada K, Sato-Mito N, Nagata J, Umegaki K. 2008. Health claim evidence requirements in Japan. *J Nutr.* 138: 1192S- 8S.
- Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, Ishii K. 1992. Studies on the functional properties of food grade soybean products: whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agricultural and Biological Chemistry* 1992, 36, 719-727, DOI: 10.1080/00021369.1972.10860298. Available online: <https://doi.org/10.1080/00021369.1972.10860298>
- Yildiz-Turp G, Sedaroglu M. 2010. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. *Meat Science*, 86, 896–900.
- Yu J, Ahmedna M, Goktepe I. 2007. Peanut protein concentrate: production and functional properties as affected by processing. *Food Chem.* 2007, 103(1), 121-129, DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.08.012.
- Zamora J. 2007. Antioxidantes: Micronutrientes en Lucha por la Salud. *Rev Chil Nutr* Vol. 34, No1, Marzo 2007. Disponible online: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182007000100002&script=sci_arttext&tlng=en
- Zhao X, Zhang X, Liu H, Zhang G, Ao Q. 2018. Functional, nutritional and flavor characteristic of soybean proteins obtained through reverse micelles. *Food Hydrocolloid.* 2018, 74, 358-366, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.08.024. Available online: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.024>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Carta de comité de etica



COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACIÓN Y BIENESTAR ANIMAL



RC-07-189
Rev. 0-06/04

No. Registro
CEIBA-2016-030

Comité de Ética de
Investigación y Bienestar
Animal

Dr. Moisés Armides
Franco Molina
Presidente

Dr. Diana Caballero
Hernández
Secretario

Vocales

M.C. MVZ. Daniel Julio
Eguarte Lara

Dr. Gabino Adrián
Rodríguez Almaraz

Dr. Roberto Mercado
Hernández

Miembros Externos

Dr. José González Salinas

Lic. Cinthya Galván Pinelo
(Campaña de adopción y
socorro animal A.C.)

Comité de Ética de Investigación y Bienestar Animal de la Facultad de
Ciencias Biológicas, (CEIBA) de la UANL

Para: Dr. Carlos Abel Amaya Guerra

Fecha de aprobación: 1 de abril de 2016

Título: Desarrollo de productos cárnicos con propiedades funcionales y su evaluación en el control de los niveles de colesterol en animales de laboratorio

El presente es referencia para el protocolo de investigación mencionado en la parte superior.

En la deliberación de este comité, los procedimientos de dicha aplicación conformada por las reglas y el reglamento interno con los temas de uso animal. La aprobación se otorga durante un año.

Sin más por el momento, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, a 4 de mayo de 2016

Dr. Moisés Armides Franco Molina
Comité de Ética de Investigación y Bienestar Animal de la Facultad de
Ciencias Biológicas (CEIBA)

Ave. Pedro de Alba y Manuel L. Barragán S/N Cd. Universitaria, C.P. 66450, A.P. 46 "F"

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Tels y Fax: (81)83 23 41 15 83 52 42 12

crodrig@cor.dsi.uanl.mx

Anexo 2. Publicación Científica



Article

Physicochemical, Functional, and Nutraceutical Properties of Eggplant Flours Obtained by Different Drying Methods

Jenny R. Rodriguez-Jimenez ¹, Carlos A. Amaya-Guerra ^{1,*}, Juan G. Baez-Gonzalez ¹, Carlos Aguilera-Gonzalez ¹, Vania Urias-Orona ² and Guillermo Nino-Medina ^{3,*}

¹ Facultad de Ciencias Biologicas, Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Ave. Universidad S/N, Cd. Universitaria, 66450 San Nicolas de los Garza, Mexico; ing.rodruiguezjimenez@hotmail.com (J.R.R.-J.); baezjuan@yahoo.com.mx (J.G.B.-G.); carlos.aguilera@uanl.edu.mx (C.A.-G.)

² Laboratorio de Quimica y de Alimentos, Facultad de Salud Publica y Nutricion, Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Col. Mitras Centro, C.P. 64460 Monterrey, Nuevo Leon, Mexico; vania.urias@uanl.mx

³ Laboratorio de Quimica y Bioquimica, Facultad de Agronomia, Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda El Canada, C.P. 66050 General Escobedo, Nuevo Leon, Mexico

* Correspondence: numisamaya@hotmail.com (C.A.A.-G.); guillermo.ninomd@uanl.edu.mx (G.N.-M.)

Academic Editors: Alessandra Durazzo and Massimo Lucarini

Received: 29 October 2018; Accepted: 2 December 2018; Published: 5 December 2018



Abstract: The importance of consuming functional foods has led the food industry to look for alternative sources of ingredients of natural origin. Eggplants are a type of vegetable that is valued for its content in phytochemical compounds and it is due to the fact that this research is conducted towards the development of eggplant flour as a proposal to be used as a functional ingredient in the food industry. In this study, the eggplant fruits were divided into four groups, based on the drying method and the equipment used: Minced, drying oven (T1); sliced, drying oven (T2); sliced and frozen, drying tunnel (T3); and sliced, drying tunnel (T4). All the eggplant flours showed the same trend regarding their antioxidant capacity and phenolic content in the order T2 > T4 > T1 > T3. The freezing of eggplant was found to have a negative effect on functional and antioxidant properties. With respect to their nutritional composition, the flours did not change in their crude fiber, protein, and fat contents. In general terms, the T2 flour is a potential ingredient for the preparation of foods with functional properties since it is rich in phenolic compounds and antioxidants.

Keywords: eggplant; flour; phenolics; antioxidant activity; functional ingredient

1. Introduction

In recent years, the food industry has focused its efforts in the development of new products with properties that not only provide the necessary nutrients for human food, but also help prevent diseases related to nutrition such as diabetes, obesity, hypertension, and cardiovascular complications. It has been found that there is a significant correlation between the regular intake of phytochemicals and the prevention of these lifestyle-related diseases [1]. Antioxidants have attracted great attention as possible agents to prevent and treat diseases related to oxidative stress [2]. The antioxidants used by the food industry can be either from natural sources or from a synthetic origin (such as butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole). The latter has been found to be potentially carcinogenic and toxic [3]. Consequently, a niche in the food industry is opened to replace the existing synthetic antioxidants with those of natural origin found in fruits and vegetables, which are mainly vitamins and polyphenols [2].

Eggplant is an economically important vegetable crop from the tropical and subtropical zones of the world [4]. This crop produces fruit of different colors, sizes, and shapes [5]. Eggplant is a

valued vegetable for its composition in phytochemicals considered as nutraceuticals [6], in particular, polyphenols and dietary fiber [4].

In Mexico, eggplant production was 172,112 tons in 2016. It is mostly exported to the United States as this vegetable is not commonly consumed domestically [7] due to a lack of information regarding its preparation and characteristics. Eggplant has a non-climacteric pattern of respiration, which leads to a short shelf life despite being harvested in immature stages of development [8]. Therefore, the use of eggplant is suggested as a flour with high nutritional value, which can also be used as an antioxidant of natural origin. Therefore, the objective of this work is to evaluate the physicochemical, functional, and nutraceutical properties of eggplant flour as a proposed functional ingredient.

2. Results and Discussion

2.1. Eggplant Flour Samples

The eggplant flour produced was labelled as T1 (eggplant minced and dried at 45 °C–50 °C in a drying oven), T2 (sliced eggplant dried at 45 °C–50 °C in a drying oven), T3 (sliced eggplant was frozen and dried at 40 °C–45 °C in a tunnel dryer), and T4 (sliced eggplant dried at 40 °C–45 °C in a tunnel dryer). Eggplant is a vegetable with a high percentage of water (approximately 90%), which allows microorganisms and biochemical reactions to deteriorate, thus reducing its shelf life. In general, eggplant is a difficult vegetable to dehydrate due to its high percentage of water, which implies long drying times. With the use of the drying tunnel, the drying time was reduced from 48 h (drying oven) to 16 h (70% reduction in efficiency), showing that dehydration is faster when the air speed increases [9] and the speed of drying at high temperature decreases due to the hardening phenomenon [10–12].

2.2. Proximal Chemical Analysis

The results of the nutritional composition of the eggplant flours are shown in Table 1. Eggplant flour has low values for moisture content (1.5% to 8.5%), below the Mexican standard (NOM-247-SSA1-2008) of 15% [13]. The T2 sample had the highest moisture content, while the T4 sample had the lowest moisture content. The moisture content obtained in this study was lower than other results (7.7% to 9.45%) reported from different types of *Solanum melongena*, dried in the same range (45 °C to 50 °C) of temperature [4,14].

Table 1. Nutritional components of different obtained flours.

Component (%)	T1	T2	T3	T4
Moisture	5.26 ± 0.4 ^b	8.57 ± 0.26 ^a	4.55 ± 0.32 ^c	1.57 ± 0.09 ^d
Ash	6.47 ± 0.38 ^b	7.31 ± 0.03 ^a	7.31 ± 0.08 ^a	6.53 ± 0.25 ^b
Fat	1.79 ± 0.07 ^a	1.75 ± 0.03 ^a	1.73 ± 0.0 ^a	1.73 ± 0.02 ^a
Protein	12.57 ± 0.39 ^a	12.5 ± 0.45 ^a	12.68 ± 0.29 ^a	12.77 ± 0.24 ^a
Crude Fiber	12.74 ± 0.37 ^a	12.32 ± 0.43 ^a	11.8 ± 0.59 ^a	12.17 ± 0.92 ^a
Carbohydrates*	61.17 ± 0.7 ^b	57.54 ± 0.52 ^c	61.92 ± 0.18 ^b	65.22 ± 1.22 ^a

Eggplant minced and dried in a drying oven (T1), sliced eggplant dried in a drying oven (T2), sliced eggplant frozen and dried in a tunnel dryer (T3), and sliced eggplant dried in a tunnel dryer (T4). Average values with three replicates ± standard deviations, of three different lots. Mean values labeled with a different letter in the same file are significantly different ($p < 0.05$). * Carbohydrates (%) = 100 - (% moisture + % ash + % fat + % protein + % crude fiber).

Flour having a moisture content of 9% to 10% is suitable for extended shelf life [15] since a lower moisture content in flour shows a better storage stability. The range of the average ash content determined among the four eggplant flours was 6.47%–7.31%, and it was similar to the eggplant ash content of other investigations treated under the same drying temperature conditions [4,14], compared to the ash content obtained from different types of eggplants (0.48%–1%), and 4.93%–13.7% (dry base) [16]; the drying treatment allows the concentration of the eggplant nutrients. Regarding the determination of proteins, the results obtained fell in a small range of 12.55%–12.77%. The results of

this study are in accordance with the USDA database [17]. They have reported that protein content for fresh eggplant was 0.98% (12.73% in dry basic). Various types (Indian, Thai, Chinese, and white) of eggplants dried at the same temperature produced similar protein contents (12%–15%) [4] to the results obtained in this study.





The average fat content (1.75%) of the flour in this study was higher than that reported by Nino-Medina et al. [16] in fresh eggplant (Chinese, Philippine, Thai, Hindu and American types), with obtained values between 0.3% and 0.4% (dry base). Uthumpom et al. [4] found levels of 0.88% to 5.18% in different types (Indian, Thai, Chinese, and white) of eggplant flour; the lowest values were for flour samples made at 50 °C. Carbohydrates contents for the samples were between 57% and 65%. The result of the present investigation is similar in the amount of carbohydrates contained in the eggplant flour mentioned before, which were in the range of 62%–68%. The main soluble sugars were glucose and fructose [18]. They reported starch content between 1.43% and 2.38% in fresh eggplant. Eggplant flour contained a lower amount of carbohydrates and moisture compared with wheat flour, yet it had more fiber.

2.3. Physicochemical Parameters

The pH and titratable acidity are analytically determined in separate ways, and each has its own particular impact on food quality [19]. The pH is a good predictor of the ability of a microorganism to grow in a specific food, while the titratable acidity is a good predictor of the impact of acid content on the flavor of food [20]. On the other hand, color is the first notable characteristic of a food and often predetermines our expectations. Natural and synthetic colors play several roles in foods and consumers use the color as a way to identify a food and also as a way to judge the quality of a food [21].

With the exception of the titratable acidity and b^* chromatic property, in which statistical differences were not observed ($p > 0.05$), other physicochemical parameters showed statistical differences ($p < 0.05$) between eggplant flour samples (Table 2). The values of pH of eggplant flours were slightly acidic and ranged from 3.89 to 4.14, while titratable acidity values were low ranging from 0.46% to 0.47%. In addition, chromatic values were from 52.50 to 64.60, 4.55 to 9.65, 20.15 to 21.65, 21.09 to 23.60, and 65.98 to 77.54 in L^* , a^* , b^* , C^* , and h , respectively. All the eggplant flours had a “mostly desaturated dark orange” color. However, the color of the treatments 1 and 2 can be classified as a “pale brown”, while the treatments the color of the treatments 3 and 4 can be classified as “clear brown”; the main difference among these two colors tonalities is due mainly to the L^* value.

Table 2. Physicochemical parameters of different eggplant flours.

Flour	pH	TA (%)	Chromatic Properties					View
			L^*	a^*	b^*	C^*	h	
T1	3.89 ± 0.04 ^b	0.47 ± 0.004 ^a	52.50 ± 0.14 ^c	9.65 ± 0.49 ^a	21.65 ± 0.49 ^a	23.60 ± 0.65 ^a	65.98 ± 0.60 ^b	
	3.97 ± 0.02 ^b	0.47 ± 0.004 ^a	52.55 ± 0.49 ^c	9.25 ± 0.63 ^{ab}	21.05 ± 0.49 ^a	22.99 ± 0.71 ^{ab}	66.29 ± 0.95 ^b	
T3	4.19 ± 0.01 ^a	0.46 ± 0.009 ^a	57.40 ± 0.42 ^b	6.90 ± 0.56 ^b	20.15 ± 0.21 ^a	21.30 ± 0.01 ^b	71.10 ± 1.62 ^b	
	4.14 ± 0.03 ^a	0.46 ± 0.004 ^a	64.60 ± 0.42 ^a	4.55 ± 0.07 ^c	20.60 ± 0.14 ^a	21.09 ± 0.16 ^b	77.54 ± 0.10 ^a	

Potential of hydrogen (pH), titratable acidity (TA) and chromatic properties (L^* , a^* , b^* , C^* , h) of eggplant flours. Values are the average of three replicates ± standard deviations, of three different lots. Mean values labeled with a different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

The cause of this color difference is attributed to the enzymatic browning of vegetable tissue, which is one of the main causes of loss of quality in food drying. The color values corresponding to the T1 and T2 samples show the effect caused by the Maillard reaction in eggplant during the drying process due to the formation of brown complex polymers (melanins) [22]. The T1 and T2 samples are

more affected by this phenomenon due to the long drying times in the drying oven. The sample T3 shows a color similar to the aforementioned samples due to the damage by the low temperatures to which it was subjected before drying.

There is no literature available for comparison with the current report as there are no studies on the evaluation of chromatic properties of eggplant flour; however, flours obtained from other vegetables through similar methods to the ones used in this study have been previously reported. In this regard, Noor and Komathi [23] obtained flour from peeled pumpkin pulp and unpeeled pumpkin pulp. Their process for production of flour consisted in soaking the pumpkin pulps in a 0.1% sodium metabisulphite for 30 min; after that, the pulps were washed, sliced, and dried overnight at 60 °C. The chromatic properties of the obtained flours were 63.45, 15.68, 53.83, 56.07, and 73.76 for peeled pumpkin pulp flour and 64.93, 13.53, 49.45, 51.27, and 74.70 for unpeeled pumpkin pulp flour in L^* , a^* , b^* , C^* and h chromatic parameters. On the other hand, Que et al. [24] (2007) also obtained flour from pumpkin through hot air-drying procedures. In this study, the pumpkin flesh was cut into slices and hot air-dried at 70 °C for 54 h. Both products were ground and sieved using a 60 mesh screen (250 µm). The chromatic properties of the obtained flours were 80.45, 13.43, 43.23, 50.45, and 77.76 for freeze-dried flour, and 61.83, 11.12, 41.87, 43.32, and 75.13 for hot air-dried flour in L^* , a^* , b^* , C^* and h chromatic parameters.

All the chromatic parameters obtained in the studies mentioned above were higher than the chromatic properties of our eggplant flours; this could be mainly attributed to the fact that pumpkin has different chemical and physical characteristics from eggplant. Another important fact that produces a lower L^* value in eggplant in contrast to pumpkin is the high concentration of phenolics in the eggplant skin (anthocyanins) and pulp (phenolic acids), which are oxidized by an enzymatic mechanism once they are sliced, and also to the non-enzymatic browning due to the heat treatment used in the production of the flour.

2.4. Functional Properties

The water holding capacity (WHC) of the samples was between 1.2 to 2 g water/g flour (Table 3). Sample T4 (2.08 g water/g flour) had the highest amount of WHC and T1 (1.28 g water/g flour) had the lowest values. Similar values were found in frozen-dried flour from soy beans (1.8 g water/g flour) and pumpkin flour (1.5–2.5 g water/g flour) dried at 60 °C [23,25]. The capacity to absorb water is considered a functional property of proteins, fundamental in viscous foods such as sauces, soups, baked goods, and doughs, products where a good protein-water interaction is required [26]. Different protein structure and different hydrophilic carbohydrates contribute to the variation in WHC of flours [27,28]. This agrees with the result of Chen and et al. [29], study which reported that high WHC of fruit fibers is linked to the high pectin content of the fruits. The WHC aids modification of texture and viscosity in formulated food.

Table 3. Functional properties of eggplant flours.

Flour	WHC (g Water/g Flour DW)	OHC (g Oil/g Flour DW)	EC (%)
T1	1.28 ± 0.1 ^b	2.13 ± 0.26 ^d	25.00 ± 0.10 ^c
T2	1.61 ± 0.16 ^b	4.49 ± 0.59 ^b	37.33 ± 0.57 ^a
T3	1.40 ± 0.25 ^b	3.79 ± 0.16 ^c	34.50 ± 0.50 ^b
T4	2.08 ± 0.13 ^a	5.22 ± 0.11 ^a	37.83 ± 0.28 ^a

Water holding capacity (WHC), oil holding capacity (OHC) and emulsion capacity (EC) of eggplant flours. DW = dried weight. Values are the average of three replicates ± standard deviations, of three different lots. Mean values labeled with a different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

The oil holding capacity (OHC) differed significantly ($p \leq 0.05$) among T1, T2, T3, and T4 (Table 3). *Treculia africana* seed flour, prepared at 100 °C, parboiled and dried (55 °C, 24 h) had an OHC in the range of 1.14–1.3 g oil/g for flour [30,31] and the flour from soy beans (1.93 g oil/g flour) [25] had lower values than the eggplant samples. However, the *Canavalia ensiformis* flour (3.15 g oil/g flour) [32]

had similar values to these results. This high oil holding capacity can be attributed to the high levels of nonpolar residues protein molecules [32]. On the other hand, the heat treatment increases the absorption of oil [31]. This is an increase attributed to the dissociation and denaturation of proteins by heat. The T4 and T2 treatments have a greater water/oil retention capacity than the T1 and T3 samples; these changes in the retention capacity can be attributed to the modification of the physical structure of the food. Methods of food processing such as freezing and mincing can affect protein conformation and hydrophobicity [33,34].

For the emulsification capacity (EC), T1 (25%) had the lowest value with respect to the T2, T3, and T4 (Table 3), as Yu et al. [34] suggests, food processing methods affect protein conformation and hydrophobicity. The mincing process was the most probable reason for the lower EC of the T1 sample. Emulsification capacity is considered as an index of the ability of proteins or peptides to adsorb on the new created surface, delaying coalescence [35]. According to Kinsella et al. and Sathe et al. [36,37], the emulsifying capacity of proteins tend to decrease as protein concentration is increased; nevertheless, it was the opposite in this study.

In short, these functional properties verify the application of this flour as an ingredient in the formulation of a food, as the physical-chemical characteristics define the behavior of proteins, carbohydrates, and fibers in the processed food.

2.5. Total Phenols Content (TPC)

Polyphenols are a large group of phytochemicals that are considered responsible for the health benefits associated with fruits and vegetables [38]. Plant polyphenols can scavenge free radicals due to their chemical structure. The total phenols content (TPC) was markedly higher in samples T2 and T4 (Table 4), while it was lower for samples T3 and T1 (4183 and 8211 mg chlorogenic acid/kg flour, respectively). Similar data were reported [39] in the juice from 31 eggplant varieties (commercial varieties, landraces, and hybrids between the landraces) that were in the range of 5450 to 10,480 (mg chlorogenic acid/kg of sample). It was found that eggplant displays an important intraspecific variation for the composition traits studied, and in some cases, there are considerable differences among the varietal types.

Table 4. Phenolic compounds of eggplant flours.

Flour	TPC (mgCAE/kg Flour DW)	TFC (mgCatE/kg Flour DW)	TCC (mgCatE/kg Flour DW)	TAC (mgC3GE/kg Flour DW)
T1	8211 ± 452 ^c	2060 ± 396 ^c	3022 ± 330 ^a	3612 ± 44 ^b
T2	18,227 ± 442 ^a	15,753 ± 1027 ^a	1461 ± 176 ^c	679 ± 12 ^b
T3	4183 ± 123 ^d	1473 ± 188 ^c	1240 ± 206 ^c	230 ± 13 ^d
T4	30,866 ± 673 ^b	10,300 ± 467 ^b	2307 ± 145 ^b	519 ± 30 ^c

Total phenols content (TPC), total flavonoid content (TFC) and condensed tannin content (CTC). mgCAE = milligrams of chlorogenic acid equivalents, mgCatE = milligrams of catechin equivalents, mgC3G = milligrams of cyanidin-3-glucoside, DW = dried weight. Values are the average of three replicates ± standard deviations, of three different lots. Mean values labeled with a different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

Niño-Medina et al. [16] report similar results in their report based on a study in frozen, dried eggplant from different varieties (Chinese, Philippine, American, Hindu, and Thai); the total phenols content ranged from 15,120 to 20,890 (mg chlorogenic acid/kg of sample). The results obtained in this study were higher than the results of fresh eggplant by Nisha et al. [38] on different eggplant varieties that reported to contain between 490 to 1070 (mg gallic acid equivalents/kg of sample) and 570 to 650 (mg chlorogenic acid/kg of sample) for Black Beauty and Violetta Lunga varieties [40]. The low value of the T3 sample is due to the freezing before the dehydration; freezing reduces the original value of the food up to 80% due to the increase in water activity [41]. This has a greater effect than the mincing the sample, as it was in the case of the T1 sample.

2.6. Total Flavonoids Content (TFC)

The total flavonoids content of different eggplant flours is shown in Table 4. TFC content follows the order T2 > T4 > T1 > T3. According to these results, a significant difference was found between the pre-drying treatments (mincing, slicing, and slicing/freezing), where the T3 sample was the most affected by the freezing treatment of eggplant slices before drying, showing the same behavior as the TPC. The decrease in TFC level in the flour subjected to pre-drying treatments (mincing and slicing/freezing) could occur because part of the anthocyanin was degraded during these treatments. Ninfali et al. [40] report a total flavonoid content between 257 and 284 mg caffeic acid equivalents/kg of the sample in fresh Black Beauty and Violetta Lunga eggplant varieties. Uthumporn et al. [4] found a range between 9090 and 29,180 mg catechin equivalent/kg, but their report was based on a study of eggplant flour dried at same temperature range as the one used in this study.

2.7. Total Catechins Content (TCC)

The content of total catechins was maintained in the range of 1240 to 3022 (mg catechins/kg flour), which reveals a significant difference between tannin contents of the four eggplant flour extracts ($p < 0.05$). Indeed, the T1 extract presented the highest level among the four flour samples. Alkurd et al. [42] obtained 4137 mg tannic acid equivalents/kg from eggplant extract whole fruit, while Boulekbache et al. [43] obtained 42.6 mg tannic acid equivalents/kg from eggplant peels extract. The mincing of the eggplants before the drying process had a significant effect on the TCC in comparison with the other treatments after drying the eggplant.

2.8. Total Anthocyanins

The total anthocyanins content of different eggplant flours is shown in Table 4. The results were in the range of 230 a 1612 (mgC3GE/kg Flour DW) and follows the order T1 > T2 > T4 > T3. Anthocyanins results obtained in this study were similar to those reported by Nino et al. [16] in different eggplant types of Chinese (1287 mgC3GE/kg of eggplant), Philippine (1610 mgC3GE/kg of eggplant), American (1234 mgC3GE/kg of eggplant), Hindu 828 mgC3GE/kg of eggplant), Thai (39 mgC3GE/kg of eggplant), and higher than those reported in the Black Bell eggplant type [6], Tunisina, Buia, and L305 [44] raw, grill and boiled (50 to 90, 15 to 41, 31 to 155, and 17 to 96 mg D3R/ 100 g of dry matter, respectively).

2.9. Antioxidant Capacity

Currently, there are numerous methods to measure the antioxidant capacity of a food. In this study, the antioxidant capacity of the flours was measured by using three methods (DPPH, ABTS, and FRAP), using vitamin E analogue as reference (Trolox).

Determination of scavenging stable DPPH free radical is a quick way to evaluate the antioxidant activity of the extracts [45]. Table 5 shows the DPPH activity results of all four different samples. The range was between 9111 to 54,815 (μM Trolox equivalents/kg flour). Nino-Medina et al. [16] found higher results than the results of this study, which were 78,500 μM Trolox equivalents/kg on frozen, dried American eggplant type.

The ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) assay is generated by the oxidation of the ABTS with potassium persulfate [46]. The results for ABTS assay ranged from 14,272 to 63,583 (μM Trolox equivalents/g flour). These results can be seen in Table 5. The results of this study were higher than those reported by Okmen et al. [47]. Their report was based on a study of total water soluble antioxidant activity of 26 eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars from Turkish with an antioxidant activity range from 2664 μM Trolox equivalents/kg to 8247 μM Trolox equivalents/kg.

Table 5. Antioxidant activity of eggplant flours.

Flour	ABTS (μ MTE/kg Flour DW)	DPPH (μ MTE/kg Flour DW)	FRAP (μ MTE/kg Flour DW)
T1	25,484 \pm 1166 ^c	15,160 \pm 142 ^c	29,534 \pm 315 ^c
T2	63,583 \pm 1689 ^a	54,815 \pm 2447 ^a	105,617 \pm 3917 ^a
T3	14,272 \pm 433 ^d	9111 \pm 160 ^d	17,820 \pm 587 ^d
T4	43,205 \pm 673 ^b	43,167 \pm 3611 ^b	75,361 \pm 773 ^b

μ MTE = micromoles Trolox equivalents; DW = dried weight. Values are the average of three replicates \pm standard deviations of three different lots. Mean values labeled with a different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$).

The ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay measures the ability of eggplant flour to reduce Fe^{3+} /tripirydyltriazine complex to its ferrous form [48]. The results shown in Table 5 reveal a significant difference between μ M Trolox equivalents/kg flour; the results ranged from 17,820 to 105,617 μ M Trolox equivalents/kg flour. Results reported for eggplant extract [43] with different solvents (acetone, methanolic, and ethanolic) were in the range of 21,000 to 27,000 mg of quercetin equivalent/kg of extract.

In general terms, the results of antioxidant activity, such as the content of total phenols content and total flavonoids content, follow the following order T1 > T4 > T1 > T3. A highly significant difference was found between the samples; the sample treated with a pre-treatment of slicing/freezing before drying was the most affected sample, followed by the sample crushed before drying, as explained above in Sections 2.5 and 2.6. Concellon et al. Reference [49] found that eggplant (American type) stored at 0 °C had a rapid degradation of antioxidant compounds. This behavior was described by other authors [49,50] as related to the antioxidant and phenolic content with the degree of browning of the eggplant. Eggplants generate a cellular disruption when being cut, with a loss of compartmentalization that allows contact between enzymes responsible for browning, such as polyphenoloxidase (PPO) and phenolic substrates [49,51–53]. Treatments such as mincing and freezing, and the time of exposure to air and light contribute to the generation of the browning of the eggplant, thus affecting both its content and antioxidant capacity.

3. Materials and Methods

3.1. Flour Preparation

The eggplants fruits used in this study did not had the quality requirements for exportation market (American type) and were purchased from local market in San Nicolas de los Garza County (Nuevo Leon, Mexico). The chemical composition of the eggplant was: Moisture 90%, ash 0.55%, protein 1.07%, fat 0.15%, 1.03% crude fiber, and carbohydrate 5.69%. The fruits (60 units, 25 kg) were washed and separated into four treatments. The fruits of treatment one (T1) were minced (Cyclone Sample mill-model 3010-030, UDY Corporation, Fort Collins, CO, USA) and dried in the drying oven (Model 630, Napco, Oregon, OR, USA) at 45 °C to 50 °C for 2 days. The fruits of treatment two (T2) were sliced and dried using the same condition of the first group. The fruits of treatment 3 (T3) were sliced, frozen, and dried in a tunnel dryer (Procmex Model LQ001, Procomm, Mexico) at 40 °C to 45 °C for 16 h. In the treatment four (T4) the fruits were sliced and dried with the same condition of the third group. The drying temperature range were based on the experience of Uthumpom et al. and Vega-Galvez et al. [4,9] in order to keep the content of phenolic compounds. To determine the drying time, the humidity content was measured as a preliminary result until a percentage below 15% (Mexican Standard NOM-247-SSA1-2008) [13] was obtained. Two drying methods were used, a drying oven (no air circulation and in total darkness, 15.5% humidity) and a drying tunnel (air circulation, which passes through a set of resistance becomes dry air, 2.5% humidity). The tunnel design allows for the entrance of light, yet it was controlled. The flour was stored in a refrigerator at 4 °C prior to use. Table 6 describes the conditions of the treatments.

Table 6. Pre-treatments and drying method for obtaining of eggplant flours.

Flour	Pre-Treatments	Equipment
T1	Mincing	Drying oven
T2	Cutting in slices	Drying oven
T3	Cutting in slices and freezing	Tunnel dryer
T4	Cutting in slices	Tunnel dryer

3.2. Proximate Composition

Analyses were performed according to the Association of Official Analytical Chemistry [54]. Ash, moisture, and crude fiber content were evaluated gravimetrically (method AOAC 14.006, AOAC 925.15, and AOAC 962.09, respectively). The Goldfisch method (AOAC 920.36C) was used to determine the fat content. The protein content was measured using the Kjeldahl method (AOAC 930.29), and total carbohydrates were determined by difference.

3.3. Physicochemical Properties

In order to measure the potential of hydrogen (pH) and titratable acidity (TA), 10 mL of sample were diluted with 40 mL of distilled water; then, the pH was read. After that, samples were titrated with 0.1 M NaOH to a pH 8.2 (citric acid as predominant) using a Corning, 440 pH meter (Woburn, MA, USA) according to the Association of Official Analytical Chemist methods [55].

For color determination, a 1.5 mL spectrophotometric cuvette was filled with sample and color and was measured using a CR-20 Konica Minolta Color Reader (Tokyo, Japan). Chromatic parameters were obtained using CIELAB (L^* , a^* , b^*) and CIELCH (L^* , C^* , h) color systems according to Commission Internationale De L'éclairage [56]. L^* defines Lightness (0 = black, 100 = white), a^* indicates red (positive a^*) or green value (negative a^*) and b^* indicates yellow (positive b^*) or blue value (negative b^*), C^* (Chroma; saturation level of h), and h (hue angle: 0° = red, 90° = yellow, 180° = green, 270° = blue). Color view was obtained by using the online software ColorHexa, color converter using L^* , a^* , and b^* values [57].

3.4. Functional Properties

Water and oil holding capacity were determined according to the method described by Beuchat [58] with some modifications; 0.5 g of the sample were taken in 5 mL of distilled water (pH was adjusted to 7) or vegetable oil and mixed by vortexing (model V2H, Boeco, Hamburg, Germany) for 1 min. Then, it was centrifuged at 3000 rpm/30 min. The results were expressed in grams of water-oil retained per gram of sample. The measurements were carried out at room temperature.

For the emulsifying activity, the methods described by Yasumatsu et al. [59] and Zhao et al. [60] were used; 0.5 g of sample with 20 mL of distilled water were mixed in a vortex for 15 min and the pH was adjusted to 7. Vegetable oil was mixed in a relation 1:1 (20 mL) and homogenized (OMNI GLH model glh-01, OMNI International, Georgia, GE, USA) for 3 min at medium speed, and it was then centrifuged at 1300 rpm. The results were expressed as a percentage of the height of the emulsification layer with respect to the total liquid.

3.5. Preparation of the Eggplant Flour Extracts (EFE)

Dried powder (90 mg) was extracted with 5 mL of 80% methanol. The extraction was carried out at room temperature, using a magnetic stirrer. After 40 min, the solution was centrifuged for 5 min at $9500 \times g$ (10°C). The supernatant was collected and stored under refrigerated conditions until it was used.

3.6. Total Phenols Content (TPC)

The total phenols content was determined by using the Folin-Ciocalteu method [61]. This was carried out by mixing 200 μ L of the samples extract with 2.6 mL of distilled water, 200 μ L of Folin-Ciocalteu reagent, and 2 mL of sodium carbonate solution (7%). After 120 min in the dark (incubation was at room temperature, 23 °C–25 °C), absorbance was measured at 730 nm. The total phenolic content was expressed as mg of chlorogenic acid equivalent (CAE) per 100 g of eggplant flour.

3.7. Total Flavonoids Content (TFC)

The total flavonoids content was measured using the Xiong et al. [62] method, with slight modifications. Briefly, 200 μ L of the samples extract were mixed with 3.5 mL of distilled water and 150 μ L of 5% NaNO₂ solution. After 5 min, 150 μ L of 10% AlCl₃ solution were dissolved in distilled water, which was added. The mixture was incubated at room temperature for 5 min; then, 1 mL of 1 M NaOH was added and vortexed well for 5 s and left for 15 min. TFC was expressed as mg of catechins equivalent (CAE) per 100 g of eggplant flour.

3.8. Total Catechins Content (TCC)

The total catechins content of the extract was determined by using the vanillin method [63] with some modifications. The sample extract (250 μ L) was mixed with a solution of 1% vanillin (650 μ L) and a solution of 25% H₂SO₄ (650 μ L). After 15 min, the solution was incubated at 30 °C; absorbance was measured at 500 nm. TCC was expressed as mg of catechins equivalent (CAE) per gram of eggplant flour.

3.9. Total Anthocyanins (TAC)

The total anthocyanins content was evaluated according to Abdel-Aal and Hucl [64]. For the extraction of anthocyanins, 200 mg of maize flour was mixed with 10 mL of ethanol-HCl 1N (85:15 v/v, pH 1, 4 °C), purged for 30 s with argon and stirred for 30 min at 200 rpm. Afterwards, the sample was centrifuged at 7759 \times g (4 °C, 15 min) and finally, 3.5 mL of sample was measured at 535 nm. The content of was reported as milligrams of cyanidin-3-glucoside (C3G) per kilogram of flour (mgC3GE/kg) as follows: $C = (A/\epsilon) \times (V/1000) \times MW \times (1/\text{weight of sample}) \times 10^6$, where: C = concentration in mgC3GE/L, A = absorbance of sample, ϵ = molar absorptivity (mgC3GE = 26,965 cm⁻¹mol⁻¹), V = volume of sample, and MW = molecular weight of C3G (449.2 g/mol).

3.10. Determination of Antioxidant Capacity

The electron-hydrogen donation ability of eggplant flour extract was measured by using DPPH, ABTS, and FRAP methods. The DPPH method was performed according to the method described by Tai et al. [65] with slight modifications. For this, 1.5 mL of 2 mg/L DPPH solution in methanol 80% and 50 μ L of sample were mixed, and incubated at room temperature (23 °C–25 °C) in darkness for 30 min. The absorbance was measured at 517 nm against a blank. Results were expressed in micromoles of Trolox equivalents (μ MTE)/g eggplant flour.

For the ABTS assay, the procedure followed the method used in previous assays [66,67] with a few modifications. The stock solutions included 2.6 mM potassium persulfate solution and 7.7 mM ABTS+ solution; these solutions were mixed in equal quantities. After 12 h at room temperature in the darkness, the ABTS+ solution was diluted with methanol 80% to obtain an absorbance of 1.000 units at 734 nm using the spectrophotometer. The eggplant flour extract (50 μ L) was allowed to react with 1500 μ L of ABTS+ solution for 30 min in the dark; then, the absorbance was measured at 734 nm. Results are expressed in micromoles of Trolox equivalents (μ MTE)/g eggplant flour.

The ferric reducing-antioxidant capacity was measured according to the method described by Suárez et al. [68] with slight modifications. The working FRAP reagent was prepared with 5 mL of TPTZ (10 mM), 5 mL of FeCl₃ (20 mM), and 50 mL of sodium acetate buffer (300 mM, pH = 3.6). Then,

50 μ L of the sample extract were mixed with 1.5 mL of freshly working FRAP reagent. The FRAP assay was carried out at 37 °C in an incubator. The absorbance was measured at 595 nm and the results were expressed in micromoles of Trolox equivalents (μ MTE)/g eggplant flour.

3.11. Statistical Analysis

Data from the three replicated experiments were analyzed to determine whether the variances were statistically homogeneous, and the results were expressed as means \pm SD. Statistical comparisons were made by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a Tukey's test using SPSS 17 Software. Difference between means were considered significant at $p < 0.05$.

4. Conclusions

All the eggplant flours showed the same trend regarding their antioxidant capacity and phenolic content in the order T2 > T4 > T1 > T3. The freezing of eggplant was found to have a negative effect on functional and antioxidant properties. With respect to their nutritional composition, the flours did not change in their crude fiber, protein, and fat contents. In general terms, the T2 flour is a potential ingredient for the preparation of foods with functional properties since it is rich in phenolic compounds and antioxidants.

Author Contributions: J.R.R.-J., C.A.A.-G. and G.N.-M. conceived and designed the experiments; J.R.R.-J. performed the experiments; J.R.R.-J., C.A.A.-G. and G.N.-M. analyzed data; C.A.A.-G., G.N.-M., J.G.B.-G., V.U.-O. and C.A.-G. contributed with reagents, materials, and analysis tools; J.R.R.-J., C.A.A.-G. and G.N.-M. wrote and edited the original draft. Carlos A. Amaya-Guerra and Guillermo Niño-Medina contributed equally to this work.

Funding: This research received no external funding.

Acknowledgments: We would like to thank Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) for financially supporting J.R.R.-J. to obtain her Ph.D. (scholarship 331700).

Conflicts of Interest: The authors reported no potential conflict of interest.

References

- Gresle, P.; Cerletti, C.; Guglielmini, G.; Pignatelli, P.; de Gaetano, G.; Violi, F. Effects of resveratrol and other wine polyphenols on vascular function: An update. *J. Nutr. Biochem.* **2011**, *22*, 201–211. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Fu, L.; Xu, B.-T.; Xu, X.-R.; Qin, X.-S.; Gan, R.-Y.; Li, H.-B. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 wild fruits from South China. *Molecules* **2010**, *15*, 8602–8617. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Botterweck, A.; Verhagen, H.; Goldbohm, R.A.; Kleinjans, J.; Van den Brandt, P.A. Intake of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: Results from analyses in the Netherlands cohort study. *Food Chem. Toxicol.* **2000**, *38*, 599–605. [[CrossRef](#)]
- Uthumporn, U.; Fazilah, A.; Tajul, A.; Maizura, M.; Ruri, A. Physico-chemical and antioxidant properties of eggplant flour as a functional ingredient. *Adv. J. Food Sci. Technol.* **2016**, *12*, 235–243. [[CrossRef](#)]
- Niño-Medina, G.; Urias-Orona, V.; Muy-Rangel, M.; Heredia, J. Structure and content of phenolics in eggplant (*Solanum melongena*)—A review. *S. Afr. J. Bot.* **2017**, *111*, 161–169. [[CrossRef](#)]
- Lo Scalzo, R.; Fibiani, M.; Francese, G.; D'Alessandro, A.; Rotino, G.L.; Conte, P.; Mennella, G. Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Food Chem.* **2016**, *194*, 835–842. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Atlas Agroalimentario. 2017. Available online: <http://online.pubhtml5.com/cbi/bhs/#p=1> (accessed on 26 March 2018).
- Muy-Rangel, D.; Siller-Cepeda, J.; Garcia-Estrada, R.; Baez-Sanudo, M. Caracterización poscosecha de berenjenas producidas en Sinaloa, Mexico. *Rev. Chapingo Serie Hortíc.* **2002**, *8*, 171–181. [[CrossRef](#)]
- Vega-Galvez, A.; Ah-Hen, K.; Chacana, M.; Vergara, J.; Martínez-Monzo, J.; García-Segovia, P.; Lemus-Mondaca, R.; Di Scala, K. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, color, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food Chem.* **2012**, *132*, 51–59. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

10. Hincapié, G.; Ormana, M.; Hincapié, C.; Arias, Z.; Velez, L. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. *Rev. Lasallista Investig.* **2010**, *7*, 85–93.
11. Femenia, A.; Garcia-Pascual, P.; Simala, S.; Rossello, C. Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemannan and cell wall polymers from *Aloe barbadensis* Miller. *Carbohydr. Polym.* **2003**, *51*, 397–405. [[CrossRef](#)]
12. Demirel, D.; Turhan, M. Air-drying behavior of Dwarf Cavendish and Gros Michel banana slices. *J. Food Eng.* **2003**, *59*, 1–11. [[CrossRef](#)]
13. Norma Oficial Mexicana, NOM-247-SSA1-2008. Productos y Servicios. Cereales y sus Productos. Cereales, Harinas de Cereales, Sémolas o Semolinás. Alimentos a base de: Cereales, Semillas Comestibles, de Harinas, Sémolas o Semolinás o sus Mezclas. Productos de Panificación. Disposiciones y Especificaciones Sanitarias y Nutrimientales. Métodos de Prueba. 2008. Available online: http://depa.iqum.unam.mx/amyd/archivo/NOMcereales_12434.pdf (accessed on 1 February 2018).
14. Hussain, J.; Rehman, N.; Khan, A.; Hussain, H.; Al-Harrasi, A.; Ali, L.; Sami, F.; Shinwari, Z. Determination of macro and micronutrients and nutritional prospects of six vegetable species of Mardan, Pakistan. *Pak. J. Bot.* **2011**, *43*, 2829–2833.
15. Nasir, M.; Butt, M.; Anjum, F.; Shariq, K.; Minhas, R. Effect of moisture on the shelf life of wheat flour. *Int. J. Agric. Biol.* **2003**, *5*, 458–459.
16. Niño-Medina, G.; Muy-Rangel, D.; Gardía-Béjar, A.; González-Aguilar, G.; Heredia, B.; Biez-Sañudo, M.; Siller-Cepeda, J.; Vélez-de la Rocha, R. Nutritional and nutraceutical components of commercial eggplant types grown in Sinaloa, Mexico. *Not. Bot. Horti Agrobot.* **2014**, *42*, 538–544. [[CrossRef](#)]
17. United States Drug Administration (USDA). Agricultural Research Service; National Nutrient Database for Standard Reference. 2018. Available online: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accessed on 1 March 2018).
18. San José, R.; Sánchez, M.; Cámara, M.; Prohens, J. Composition of eggplant cultivars of the Occidental type and implications for the improvement of nutritional and functional quality. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2013**, *48*, 2490–2499. [[CrossRef](#)]
19. Sadler, S.; Murphy, P. Chapter 13. pH and titratable acidity. In *Food Analysis*, 1st ed.; Nielsen, S.S., Ed.; Springer Science: Cham, Switzerland, 2010; p. 219.
20. Tyl, C.; Sadler, G. Chapter 22. pH and titratable acidity. In *Food Analysis*, 5th ed.; Nielsen, S.S., Ed.; Springer Science: Cham, Switzerland, 2017; p. 389.
21. Griffiths, J. Coloring food and beverages. *Food Technol. (Chic.)* **2005**, *59*, 38–44.
22. Tomás-Barberán, F.; Ferreres, F.; Gil, M. Antioxidant phenolic metabolites from fruit and vegetables and changes during postharvest storage and processing. *Stud. Nat. Prod. Chem.* **2000**, *23*, 739–795. [[CrossRef](#)]
23. Noor, A.; Komathi, C. Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour. *J. Food Sci.* **2009**, *74*, S328–S333. [[CrossRef](#)]
24. Que, F.; Mao, L.; Fang, X.; Wu, T. Comparison of hot air-drying and freeze-drying on the physicochemical properties and antioxidant activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) flours. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2008**, *43*, 1195–1201. [[CrossRef](#)]
25. Chau, C.F.; Cheung, P.C.K. Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chem.* **1998**, *61*, 429–433. [[CrossRef](#)]
26. Granió, M.; Guerra, M.; Torres, A.; Guinand, J. Efecto del procesamiento sobre las propiedades funcionales de *vigna sinensis*. *Interciencia* **2004**, *29*, 521–526.
27. Kaur, M.; Sandhu, K.; Singh, N. Comparative study of the functional, thermal and pasting properties of flours from different field pea (*Pisum sativum* L.) and pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) cultivars. *Food Chem.* **2007**, *104*, 259–267. [[CrossRef](#)]
28. Hodge, J.; Osman, E. Carbohydrates, principles of food science. Part I. In *Food Chemistry*; Fennema, R.O., Ed.; Marcel Dekker Inc.: New York, NY, USA, 1976; pp. 97–200.
29. Chen, J.; Piva, M.; Labuza, T. Evaluation of water binding capacity (WBC) of food fiber sources. *J. Food Sci.* **1984**, *49*, 59–63. [[CrossRef](#)]
30. Akubor, P.; Badifu, G. Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *J. Food Sci. Technol.* **2004**, *39*, 223–229. [[CrossRef](#)]
31. Fasasi, O.; Ekeyinri, A.; Fasasi, A.; Karim, O. Chemical properties of raw and processed breadfruit (*Treculia africana*) seed flour. *J. Food Agric. Environ.* **2004**, *2*, 65–68.

32. Chel-Guerrero, L.; Perez, V.; Betancut, D.; Dávila, G. Functional properties of flours and protein isolate from *Phaseolus lunatus* and *Cannula ensiformis* seeds. *J. Agric. Food Chem.* **2002**, *50*, 584–591. [CrossRef] [PubMed]
33. Sangnark, A.; Noomhorm, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. *Food Res. Int.* **2004**, *37*, 66–74. [CrossRef]
34. Yu, J.; Ahmedna, M.; Goktepe, I. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food Chem.* **2007**, *103*, 121–129. [CrossRef]
35. Mahmoud, M. Physicochemical and functional properties of protein hydrolysates in nutritional products. *Food Technol.* **1994**, *48*, 89–95.
36. Kinsella, J.E.; Damodaran, S.; German, B. Physicochemical and functional properties of oil seed proteins with emphasis on soy proteins. *New Protein Foods* **1985**, *5*, 107–179.
37. Sathe, S.; Desphande, S.; Saunhkhhe, D. Functional properties of lupin seed (*Lupinus multibis*) proteins and protein concentrates. *J. Food Sci.* **1982**, *47*, 491–497. [CrossRef]
38. Nisha, P.; Nazar, N.; Jayamurthy, P. A comparative study on antioxidant activities of different varieties of *Solanum melongena*. *Food Chem. Toxicol.* **2009**, *47*, 2640–2644. [CrossRef] [PubMed]
39. Raigón, M.; Prohens, J.; Muñoz-Falcón, J.; Nuez, F. Comparison of eggplant landraces and commercial varieties for fruit content of phenolics, minerals, dry matter and protein. *J. Food Compos. Anal.* **2008**, *21*, 370–376. [CrossRef]
40. Ninfalli, V.; Mea, G.; Giorgini, S.; Rocchi, M.; Bacchiocca, M. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *Brit. J. Nutr.* **2005**, *93*, 257–266. [CrossRef]
41. Molina, Y.; Caez-Ramirez, G.; Rodriguez, M.; Cerón, M.; Garnica, A. Contenido de antioxidantes en papas criollas nativas (*Solanum tuberosum* L. grupo phureja) en proceso de precocción y congelación. *Aliment. Hoy* **2015**, *23*, 31–41. Available online: <http://www.alimentoshoy.ucta.org.co/index.php/hoy/article/view/341> (accessed on 10 February 2018).
42. Alkurd, A.; Takruri, H.; Al-Sayyed, H. Tannin contents of selected plants used in Jordan. *Jordan J. Agric. Sci.* **2008**, *4*, 265–274. Available online: https://www.uop.edu.jo/download/research/members/1046_2725_Refa.pdf (accessed on 30 February 2018).
43. Boulekbache-Makhlouf, L.; Medouni, L.; Medouni-Adrar, S.; Arkoub, L.; Madani, K. Effect of solvents extraction on phenolic content and antioxidant activity of the byproduct of eggplant. *Ind. Crop. Prod.* **2013**, *49*, 668–674. [CrossRef]
44. Lo Scalzo, R.; Fibiani, M.; Mennella, G.; Rotino, G.; Dal Sasso, M.; Culici, M.; Spallino, A.; Braga, P. Thermal Treatment of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Increases the Antioxidant Content and the Inhibitory Effect on Human Neutrophil Burst. *J. Agric. Food Chem.* **2010**, *58*, 3371–3379. [CrossRef]
45. Mokrani, A.; Madani, K. Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Sep. Purif. Technol.* **2016**, *162*, 68–76. [CrossRef]
46. Re, R.; Pellegriani, N.; Protteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* **1999**, *26*, 1231–1237. [CrossRef]
47. Okmen, B.; Sigva, H.; Muthu, S.; Doganlar, S.; Yemenicioglu, A.; Prary, A. Total antioxidant activity and total phenolic contents in different Turkish eggplant (*Solanum melongena* L.) Cultivars. *Int. J. Food Prop.* **2009**, *12*, 616–624. [CrossRef]
48. Moon, J.; Shibamoto, T. Antioxidant assays for plant and food components. *J. Agric. Food Chem.* **2009**, *57*, 1655–1666. [CrossRef] [PubMed]
49. Concelión, A.; Añón, M.; Chaves, A. Effect of low temperature storage on physical and physiological characteristics of eggplant fruit (*Solanum melongena* L.). *LWT-Food Sci. Technol.* **2007**, *40*, 389–396. [CrossRef]
50. Oms-Oliu, G.; Rojas-Grau, M.; González, L.; Varela, P.; Soliva-Fortuny, R.; Hermado, M.; Martín-Belloso, O. Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biol. Technol.* **2010**, *57*, 139–148. [CrossRef]
51. Prohens, J.; Rodríguez-Burruazo, A.; Raigón, M.; Nuez, F. Total phenolic concentration and browning susceptibility in a collection of different varietal types and hybrids of eggplant: Implications for breeding for higher nutritional quality and reduced browning. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* **2007**, *132*, 638–646. Available online: <http://journalashspublications.org/content/132/5/638.short> (accessed on 15 February 2018).
52. Mishra, B.; Gautam, S.; Sharma, A. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). *Food Chem.* **2013**, *139*, 105–114. [CrossRef]

53. José Zaro, M. Análisis de Factores que Afectan la Acumulación, Distribución y Estabilidad de Antioxidantes de Naturaleza Fenólica en Berenjena (*Solanum melongena* L.). 2014. Available online: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/35592> (accessed on 25 February 2018).
54. Association of Official Analytical Chemist (AOAC). *Official Methods of Analysis of International*, 16th ed.; AOAC: Maryland, MD, USA, 1998.
55. Association of Official Analytical Chemist (AOAC). *Official Methods of Analysis of International*, 17th ed.; AOAC: Gaithersburg, MD, USA, 2006; ISBN 0935584773-9780935584776.
56. Commission Internationale De L'ecclairage. *Cie 15: Technical Report: Colorimetry*, 3rd ed.; CIE Publications: Vienna, Austria, 2004; p. 7.
57. Colorhexa. Color Encyclopedia: Information and Conversion. Computer Software. 2018. Available online: <http://www.colorhexa.com/> (accessed on 28 August 2018).
58. Beuchat, L. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agric. Food Chem.* **1977**, *25*, 258–263. [[CrossRef](#)]
59. Yasumatsu, K.; Sawada, K.; Moritaka, S.; Misaki, M.; Toda, J.; Wada, T.; Ishii, K. Studies on the functional properties of food grade soybean products: Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem.* **1992**, *36*, 719–727. [[CrossRef](#)]
60. Zhao, X.; Zhang, X.; Liu, H.; Zhang, G.; Ao, Q. Functional, nutritional and flavor characteristic of soybean proteins obtained through reverse micelles. *Food Hydrocolloids* **2018**, *74*, 358–366. [[CrossRef](#)]
61. Singleton, V.L.; Orthofer, R.; Lamuela-raventos, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* **1999**, *299*, 152–178. [[CrossRef](#)]
62. Xiong, L.; Yang, J.; Jiang, Y.; Lu, B.; Hu, Y.; Zhou, F.; Mao, S.; Shen, C. Phenolic compounds and antioxidant capacities of 10 common edible flowers from China. *J. Food Sci.* **2014**, *79*, C517–C525. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
63. Sun, B.; Ricardo-da-Silva, J.M.; Spranger, I. Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *J. Agric. Food Chem.* **1998**, *46*, 4267–4274. [[CrossRef](#)]
64. Abdel-Aal, E.S.; Hucl, P. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chem.* **1999**, *76*, 350–354. [[CrossRef](#)]
65. Tai, Z.; Cai, L.; Dai, L.; Dong, L.; Wang, M.; Yang, Y.; Cao, Q.; Ding, Z. Antioxidant activity and chemical constituents of edible flower of *Sphora vicifolia*. *Food Chem.* **2011**, *126*, 1648–1654. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
66. Arnao, M.B.; Cano, A.; Acosta, M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem.* **2001**, *73*, 239–244. [[CrossRef](#)]
67. Thaipong, K.; Boonprakob, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L.; Hawkins Byrne, D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J. Food Compos. Anal.* **2006**, *19*, 669–675. [[CrossRef](#)]
68. Suárez, B.; Álvarez, Á.L.; García, Y.D.; Barrio, G.; Lobo, A.P.; Parra, F. Phenolic profiles, antioxidant activity and in vitro antiviral properties of apple pomace. *Food Chem.* **2010**, *120*, 339–342. [[CrossRef](#)]

Sample Availability: Samples of the compounds are not available from the authors.



© 2018 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Anexo 3.

Resumen biográfico

Jenny Rosa Elvira Rodriguez Jimenez

Candidato para el grado de Doctor en Ciencia con Acentuación en Alimentos

Tesis: EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE ORIGEN VEGETAL SOBRE LAS PROPIEDADES TECNOFUNCIONALES Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN UN MODELO CÁRNICO

Campo de Estudio: Ciencias de los Alimentos.

Datos Personales: Nacida en el 07 de enero del 1990 en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. Hija de Elvira Jimenez Mendez y Cesar Rodriguez Minaya.

Educación: Egresada de la Universidad ISA, grado obtenido Ingeniero en Tecnología en Alimentos. Revalidada por: Ingeniero en Industrias Alimentarias del Sistema Educativo Nacional

Experiencia profesional:

Ingeniero de procesos • SIGMA ALIMENTOS, RD • Jun 2012 – Sep 2013. Mantener estándares de calidad/ producción vigente. Planear el curso de los procesos. Asegurar que el producto cumpla con las características exigidas. Seguimiento en planta a la elaboración de los productos a implementar.

Analista de calidad • LA FABRIL CXA, RD • Oct 2013 – Jun 2014. Seguimientos de procesos, desarrollo de nuevo productos (último proyecto desarrollo, implementación y adecuación planta para Mayonesa). Análisis físico-químico de los productos terminado, producto en proceso, materias primas y análisis especiales

Proyectos de integración de redes temáticas de colaboración académica 2015.

RED ACADÉMICA: Investigación e innovación tecnológica para el aprovechamiento de productos y subproductos agropecuarios.

Proyectos de CONACYT-EMPRESA

1. Modificación de fibras solubles de cascarilla de soya con alto grado de digestibilidad y absorción para alimentos. CONACIYT-PROINNOVA 2016 no. 231248.
2. Desarrollo de un nuevo proceso para la creación de empanizadores a partir de cereales. CONACIYT PROINNOVA 2015 no. 221347.
3. Desarrollo de ingeniería básica y de detalle de equipo para la fabricación de mazapanes con relleno. CONACYT INNOVATEC 2015 no. 221437.